



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE AGUAMIEL DE AGAVE
(*Agave americana L.*) Y PLANTAS AROMÁTICAS EN LA ELABORACIÓN
DE CERVEZA ARTESANAL”**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingenieros
Agroindustriales

Autores

Albán Martínez Yesenia Gabriela

Caiza Molina Carlos Andres

Tutora

Ing. MSc. Arias Palma Gabriela Beatriz

LATACUNGA - ECUADOR

Febrero 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros: Albán Martínez Yesenia Gabriela, con C.C. 0550217228 y Caiza Molina Carlos Andres, con C.C. 1723174833 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE AGUAMIEL DE AGAVE (*Agave americana* L.) Y PLANTAS AROMÁTICAS EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL”**, siendo la Ing. MSc. Arias Palma Gabriela Beatriz tutora del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



.....
Albán Martínez Yesenia Gabriela
C.C.: 0550217228



.....
Caiza Molina Carlos Andres
C.C.: 1723174833



.....
Ing. MSc. Arias Palma Gabriela Beatriz
C.C.: 1714592746

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Albán Martínez Yesenia Gabriela, identificada con C.C. N° 0550217228, de estado civil soltera y con domicilio en Pujilí, y Caiza Molina Carlos Andres, identificado con C.C. N° 1723174833, de estado civil soltero y con domicilio en Aloag, a quienes en lo sucesivo se denominará **CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LOS CEDENTES son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Evaluación de la incorporación de aguamiel de agave (*Agave americana L.*) y plantas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal”** la cual se encuentran elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.- (Abril 2015 - Agosto 2015 HASTA Octubre 2019 - Marzo 2020)
- (Abril 2015 - Agosto 2015 HASTA Octubre 2019 - Marzo 2020)

Aprobación CD.- 15 de Noviembre del 2019

Tutor.- **Ing. MSc. Arias Palma Gabriela Beatriz**

Tema: **“Evaluación de la incorporación de aguamiel de agave (*Agave americana L.*) y plantas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal”**

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **LOS CEDENTES** autorizan a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LOS CEDENTES**, transfieren definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LOS CEDENTES** declaran que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LOS CEDENTES** podrán utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LOS CEDENTES** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 26 días del mes de Febrero del 2020.

.....
Albán Martínez Yesenia Gabriela

LA CEDENTE
C.C.: 0550217228

.....
Caiza Molina Carlos Andres

EL CEDENTE
C.C.: 1723174833

.....
Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez
EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE AGUAMIEL DE AGAVE (*Agave americana L.*) Y PLANTAS AROMÁTICAS EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL”, de Albán Martínez Yesenia Gabriela y Caiza Molina Carlos Andres, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Validación del Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero del 2020



.....
Ing. MSc. Arias Palma Gabriela Beatriz
C.C.: 1714592746

APROBACIÓN DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes Albán Martínez Yesenia Gabriela y Caiza Molina Carlos Andres, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE AGUAMIEL DE AGAVE (*Agave americana L.*) Y PLANTAS AROMÁTICAS EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero del 2020

Para su constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. Herrera Soria Pablo Gilberto
C.C.: 0501690259



Lector 2

Ing. Mg. Zambrano Ochoa Zoila Eliana
C.C.: 0501773931



Lector 3 (Secretario)

Ing. M.Sc. Salazar Espinoza Galo Arcenio
C.C.: 0502246937

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo es el fruto de mi formación académica con el que he conseguido un logro exitoso, mi proyecto de titulación.

Primero y antes de nada quiero agradecer a Dios, porque siempre cuida de mí, me fortalece, ilumina y guía en cada paso que doy.

A mis padres Héctor y Teresa que han sido el pilar fundamental para llegar a la cúspide de mis metas, a mis hermanos Paul, Darwin, Jenny y Amparito, porque me han llenado de cariño desde el momento que supieron que llegué a este mundo, sobre todo a mi hermanita Natalia y su esposo Alonso, que me han apoyado sin importar las circunstancias, siempre dispuestos a ayudarme, escucharme y aconsejarme en todo momento.

A mi Tutora, Ing. Gabriela Arias, por su asesoría y apoyo en la realización del proyecto y de igual manera a mis Lectores, Ing. Galo Salazar, Ing. Eliana Zambrano e Ing. Pablo Herrera, por manifestar valiosos consejos para el desarrollo de la investigación.

Yesenia Gabriela

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico con todo mi amor, cariño y gratitud a mi familia, quienes fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, además inculcaron bases de responsabilidad y deseos de superación. Gracias a su apoyo incondicional han sabido guiarme por el camino correcto, me formaron con reglas y algunas libertades, pero siempre me motivaron para lograr mis sueños. A mi amiga Fernanda Lizbeth quien a pesar de la distancia ha sabido darme su amistad desinteresadamente, apoyarme y darme ánimos en todo momento, a Kevin Tomas por sus palabras de aliento y motivación y a mis amigos Carlos Andres y Richard Alexis por la confianza depositada para realizar conjuntamente la investigación.

Yesenia Gabriela

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud, vida y fortaleza para culminar con éxito una etapa de mi vida estudiantil y poder compartir con mi querida familia.

De manera muy especial a mi tutora de tesis Ing. Gabriela Arias que en el transcurso de esta investigación ha demostrado compromiso, dedicación y confianza; a mis lectores Ing. Galo Salazar, Ing. Eliana Zambrano e Ing. Pablo Herrera por compartir sus conocimientos y brindar sus sugerencias en el desarrollo del proyecto.

A mis amigos Gabriela, Richard por brindarme su amistad incondicional con quienes compartimos buenos y malos momentos en la carrera universitaria.

Carlos Andres

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico de todo corazón a mis extraordinarios Padres Oswaldo y Dora por su amor, confianza y quienes con sus palabras de aliento me han apoyado que siga adelante; por enseñarme que los sueños se realizan con esfuerzo y dedicación. A mi hermano Esteban, a mis tíos Héctor, María por motivarme en todo momento y ser un ejemplo de superación; y de manera muy especial a mi pequeño Joaquín Sebastián por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más, a mi abuelita Amelia que siempre ha sido mi confidente, orgullo, ejemplo de humildad y sacrificio. Y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome para que este sueño se haga realidad.

Carlos Andres

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE AGUAMIEL DE AGAVE (*Agave americana L.*) Y PLANTAS AROMÁTICAS EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

Autores:

Albán Martínez Yesenia Gabriela
Caiza Molina Carlos Andres

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es elaborar cerveza artesanal con el empleo de aguamiel de agave (*Agave americana L.*) como medio de fermentación por su contenido en levaduras, así como la adición de dos plantas aromáticas: hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y cedrón (*Aloysia citrodora*) como sustitutos parciales del lúpulo. Para obtener la mejor formulación se aplicó un diseño de bloques completamente al azar en arreglo factorial $A \times B \times C$, con dos replicas; cada factor con dos niveles; niveles del factor A; a_1 : (15% de aguamiel en relación al mosto obtenido) y a_2 : (15% de aguamiel en relación al mosto obtenido), niveles del factor B; b_1 (hierba luisa) y b_2 (cedrón) y niveles del factor C; c_1 : (15% de sustitución de lúpulo) y c_2 : (30% de sustitución de lúpulo).

La cerveza artesanal se obtuvo transcurridas tres semanas; divididas en dos fases: fermentación (una semana) y maduración (dos semanas); durante el proceso se evaluaron cambios físico - químicos, desde el día 0 al día 7, 14 y 21.

De esta manera se determinó que el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) con el 15% de aguamiel de agave añadida en relación al mosto y el 30% de sustitución de lúpulo por hierba luisa es el mejor y se sometió a una evaluación bromatológica, microbiológica y de aceptación (preferencia de los dos mejores tratamientos obtenidos T_3 y T_4 con un control); se obtuvieron los siguientes datos: grado alcohólico (4% v/v), acidez total (0,29% ácido láctico m/m), densidad (1,0040 g/mL), ceniza (0,21% m/v), pH (4,21), sólidos totales (7,05%), carbonatación (2,2% v/v), hierro total (0,34 mg/kg), arsénico (0,1037 mg/kg), cobre (0,23 mg/kg), zinc (0,18 mg/kg), plomo ($< 0,09$ mg/kg), recuento de bacterias anaerobias ($1,0 \times 10^7$ UFC/mL), recuento de mohos (< 10 UFC/mL) y recuento de levaduras ($5,3 \times 10^5$ UFC/mL). Con la evaluación sensorial se determinó que los tratamientos T_3 y T_4 , se encuentran en una escala de 4 “ni me gusta ni me disgusta” y 5 “me gusta ligeramente”.

El rendimiento de la producción es 56,38% y el precio de venta al público de la presentación en botellas de 330 mL, es de \$2,24 con rentabilidad del 25%.; en otras cervezas artesanales posicionadas en el mercado el costo varía entre el costo esta entre \$2,50 y \$3,00

Palabras Clave: Aguamiel de agave, hierba luisa, cedrón, lúpulo, cerveza

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: EVALUATION OF AGAVE EXTRACT INCORPORATION (*Agave americana* L.) AND AROMATIC PLANTS AT THE HANDCRAFTED BEER ELABORATION

Authors:

Albán Martínez Yesenia Gabriela
Caiza Molina Carlos Andres

ABSTRACT

The objective of this research was to make craft beer from agave mead (*Agave americana* L.) as fermentation due to its yeast content, and adding two aromatic plants: lemongrass (*Cymbopogon citratus*) and cedar (*Aloysia citrodora*) as partial substitutes for hops. To obtain the best formulation, a completely randomized block design was applied in an AxBxC factorial arrangement, with two replicas; each factor with two levels; factor A levels; a₁: (15% of mead in relation to the obtained juice) and a₂: (15% of mead in relation to the must obtained), levels of factor B; b₁: (lemongrass) and b₂: (cedron) and factor C levels; c₁: (15% hop replacement) and c₂: (30% hop replacement).

The craft beer was obtained after three weeks; divided into two phases: fermentation (one week) and maturation (two weeks); during the process physical-chemical changes were evaluated, from day 0 to day 7, 14 and 21.

In this way it was determined that T₃ treatment (a₁b₁c₂) with 15% of added agave mead in relation to the juice and 30% substitution of hops with lemongrass is the best and underwent a bromatological, microbiological and acceptance evaluation (preference of two best obtained treatments T₃ and T₄ with a control); the following data was obtained alcoholic grade (4% v/v), total acidity (0,29% m/m, lactic acid), density (1,0040 g/mL), ash (0,21% m/v) , pH (4,21), total solids (7,05%), carbonation (2,2% v/v), total iron (0,34 mg/kg), arsenic (0,1037 mg/kg), copper (0,23 mg/kg), zinc (0,18 mg/kg), lead (< 0,09 mg/kg), anaerobic bacteria counting (1,0x10⁷ CFU/mL), mold counting (< 10 CFU/mL), yeast counting (5,3x10⁵ CFU/mL). With sensory evaluation it was determined that treatments T₃ and T₄, are on a scale of 4 "I do not like or I dislike" and 5 "I like it slightly".

The production yield is 56,38% and the retail price of the presentation in 330 mL bottles is \$2,24 with a 25% return; in other positioned craft beers in the market the cost varies between \$2,50 and \$3,00.

Keywords: Agave mead, lemongrass, cedar, hops, beer.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
APROBACIÓN DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1. Directos	3
3.2. Indirectos.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1. Objetivo General	4
5.2. Objetivos Específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. Antecedentes	6
7.2. Fundamentación teórica	9
7.2.1. Agave (<i>Agave americana L.</i>).....	9
7.2.1.1. Taxonomía	10
7.2.1.2. Descripción botánica de la planta	10
7.2.1.3. Usos.....	11
7.2.1.4. Aguamiel de agave.....	11
7.2.1.4.1. Beneficios	13
7.2.2. Plantas aromáticas	13
7.2.2.1. Hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	13
7.2.2.1.1. Taxonomía	14

7.2.2.1.2. Descripción de la planta.....	14
7.2.2.1.3. Usos.....	14
7.2.2.1.4. Composición química	14
7.2.2.2. Cedrón (<i>Aloysia citrodora</i>)	14
7.2.2.2.1. Taxonomía	15
7.2.2.2.2. Descripción botánica de la planta	15
7.2.2.2.3. Usos.....	15
7.2.2.2.4. Composición química	16
7.2.3. Bebida alcohólicas	16
7.2.3.1. Cerveza	17
7.2.3.2. Cerveza artesanal	17
7.2.3.3. Requisitos físico - químicos de las cervezas	17
7.2.3.4. Materia prima para la elaboración de cerveza	18
7.3. Marco conceptual	20
8. VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	22
8.1. Hipótesis Nula.....	22
8.2. Hipótesis Alternativa.....	23
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	23
9.1. METODOLOGÍA	23
9.1.1. Tipos de investigación	23
9.1.2. Métodos de investigación	24
9.1.4. Instrumentos	25
9.1.5. Materiales, equipos e insumos	25
9.1.6. Formulaciones para obtención de cerveza artesanal.....	27
9.1.7. Descripción de la metodología de la elaboración de cerveza artesanal	27
9.1.8. Análisis sensorial	33
9.1.9. Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza artesanal.....	35
9.1.10. Balance de materiales del mejor tratamiento.....	36
9.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	37
9.2.1. Factores de estudio	37
9.2.2. Identificación de las variables dependientes e independientes	37
9.2.3. Tratamientos en estudio	38
9.2.4. Cuadro de ADEVA.....	38
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	39
10.1. Análisis de las variables físico - químicos	39
10.1.1. pH	39
10.1.2. Acidez.....	46
10.1.3. %Alcohólico	53
10.1.4. °Brix	56
10.1.5. Turbidez.....	63
10.1.6. Densidad	69
10.2. Análisis sensorial	73

10.2.1. Color	73
10.2.2. Aroma	74
10.2.3. Dulzor	75
10.2.4. Sabor	76
10.2.5. Astringencia	77
10.2.6. Apreciación global	78
10.3. Análisis bromatológico del mejor tratamiento	80
10.4. Análisis de metales pesados del mejor tratamiento.....	82
10.5. Análisis microbiológico del mejor tratamiento.....	83
10.6. Análisis y discusión del costo del mejor tratamiento.....	84
11. IMPACTOS	85
11.1. Impacto técnico	85
11.2. Impacto económico	86
11.3. Impacto social	86
11.4. Impacto ambiental.....	86
12. PRESUPUESTO	87
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
13.1. Conclusiones	89
13.2. Recomendaciones.....	90
14. REFERENCIAS	91
15. ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	5
Tabla 2. Identificación y clasificación taxonómica de la especie.....	10
Tabla 3. Principales usos del agave	11
Tabla 4. Identificación y clasificación taxonómica de la especie.....	14
Tabla 5. Identificación y clasificación taxonómica de la especie.....	15
Tabla 6. Composición química del cedrón	16
Tabla 7. Requisitos físico - químicos para elaborar cerveza en Ecuador	18
Tabla 8. Formulación (%) de la cerveza artesanal para los diferentes tratamientos	27
Tabla 9. Factores de estudio	37
Tabla 10. Cuadro de variables	37
Tabla 11. Interacciones entre los factores A x B x C	38
Tabla 12. Análisis estadístico	38
Tabla 13. Análisis de varianza de pH en el día 0	39
Tabla 14. Prueba de Tukey para pH en el día 0.....	40
Tabla 15. Análisis de varianza de pH en el día 7	40
Tabla 16. Prueba de Tukey para pH en el día 7.....	41
Tabla 17. Análisis de varianza de pH en el día 14	42
Tabla 18. Prueba de Tukey para pH en el día 14.....	43

Tabla 19. Análisis de varianza de pH en el día 21	43
Tabla 20. Prueba de Tukey para pH en el día 21	44
Tabla 21. Análisis de varianza de acidez en el día 0	46
Tabla 22. Prueba de Tukey para acidez en el día 0	47
Tabla 23. Análisis de varianza de acidez en el día 7	47
Tabla 24. Prueba de Tukey para acidez en el día 7	48
Tabla 25. Análisis de varianza de acidez en el día 14	49
Tabla 26. Prueba de Tukey para acidez en el día 14	50
Tabla 27. Análisis de varianza de acidez en el día 21	50
Tabla 28. Prueba de Tukey para acidez en el día 21	51
Tabla 29. Análisis de varianza de % alcohólico	54
Tabla 30. Prueba de Tukey para % alcohólico	55
Tabla 31. Análisis de varianza de °Brix en el día 0.....	56
Tabla 32. Prueba de Tukey para °Brix en el día 0	57
Tabla 33. Análisis de varianza de °Brix en el día 7.....	58
Tabla 34. Prueba de Tukey para °Brix en el día 7	59
Tabla 35. Análisis de varianza de °Brix en el día 14.....	59
Tabla 36. Prueba de Tukey para °Brix en el día 14	60
Tabla 37. Análisis de varianza de °Brix en el día 21.....	61
Tabla 38. Prueba de Tukey para °Brix en el día 21	62
Tabla 39. Análisis de varianza de turbidez en el día 0	63
Tabla 40. Prueba de Tukey para turbidez en el día 0.....	64
Tabla 41. Análisis de varianza de turbidez en el día 7	65
Tabla 42. Prueba de Tukey para turbidez en el día 7.....	66
Tabla 43. Análisis de varianza de turbidez en el día 14 y 21	66
Tabla 44. Prueba de Tukey para turbidez en el día 14 y 21.....	67
Tabla 45. Análisis de varianza de densidad en el día 0	69
Tabla 46. Prueba de Tukey para densidad en el día 0	70
Tabla 47. Análisis de varianza de densidad en el día 7, 14 y 21	70
Tabla 48. Prueba de Tukey para densidad en el día 7, 14 y 21	71
Tabla 49. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo color.....	73
Tabla 50. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo aroma.....	74
Tabla 51. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo dulzor.....	75
Tabla 52. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo sabor	76
Tabla 53. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo astringencia.....	77
Tabla 54. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo apreciación global ...	78
Tabla 55. Porcentajes de preferencia de los tratamientos evaluados.....	79
Tabla 56. Resultados del análisis bromatológico en la cerveza artesanal	80
Tabla 57. Resultados del análisis de metales pesados en la cerveza artesanal	82
Tabla 58. Resultados del análisis microbiológico en la cerveza artesanal	83
Tabla 59. Materia prima establecida en base a 17,50 kilogramos de cerveza	84
Tabla 60. Envases y logotipos	84

Tabla 61. Mano directa de fabricación	84
Tabla 62. Costo indirecto de fabricación	85
Tabla 63. Presupuesto para la propuesta del proyecto.....	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultado de pH	45
Gráfico 2. Resultado de acidez	52
Gráfico 3. Resultado de % alcohólico	55
Gráfico 4. Resultado de °Brix	62
Gráfico 5. Resultado de turbidez	68
Gráfico 6. Resultado de densidad	72
Gráfico 7. Puntajes obtenidos por cada atributo sensorial.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento en diagrama de flujo de la elaboración de la cerveza	35
Figura 2. Balance general de materia del mejor tratamiento.....	36

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Molido de maltas	28
Fotografía 2. Recepción de aguamiel de agave, filtrado y pasteurizado.....	28
Fotografía 3. Deshidratado de plantas aromáticas	28
Fotografía 4. Pesado de materias primas e insumos	29
Fotografía 5. Maceración de maltas	29
Fotografía 6. Filtración del mosto	30
Fotografía 7. Cocción del mosto, adición de lúpulo, plantas aromáticas y clarificante.....	30
Fotografía 8. Enfriamiento del mosto	31
Fotografía 9. Inoculación del mosto: Adición de aguamiel de agave	31
Fotografía 10. Proceso de fermentación de los diferentes tratamientos.....	32
Fotografía 11. Filtrado y toma de muestras para análisis físico - químicos.....	32
Fotografía 12. Envase y maduración de la cerveza artesanal.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción.....	100
Anexo 2. Lugar de ejecución.....	102
Anexo 3. Tutora de titulación.....	103
Anexo 4. Estudiante	104
Anexo 5. Estudiante	105
Anexo 6. Proceso de obtención de la cerveza artesanal en diagrama	106
Anexo 7. Proceso de obtención de la cerveza artesanal en fotografías.....	107
Anexo 8. Hoja para evaluación de aceptabilidad N° 1	113

Anexo 9. Hoja para evaluación de aceptabilidad N° 2	114
Anexo 10. Hoja para evaluación de aceptabilidad N° 3	115
Anexo 11. Informe de resultados de análisis bromatológicos del mejor tratamiento ..	116
Anexo 12. Informe de resultados de análisis de metales pesados del mejor tratamiento	117
Anexo 13. Informe de resultados de análisis microbiológicos del mejor tratamiento .	118
Anexo 14. Norma Técnica NTE INEN 2262:2013 de bebidas alcohólicas: cerveza...	119
Anexo 15. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, NTON 03038-6 de bebidas fermentadas: cerveza	128
Anexo 16. Guía BJCP (Beer Judge Certification Program): Cerveza tipo Scottish Export	136

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Evaluación de la incorporación de aguamiel de agave (*Agave americana L.*) y plantas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal

Fecha de inicio:

Marzo 2019

Fecha de finalización:

Febrero 2020

Lugar de ejecución

- **Barrio:** Salache Bajo
- **Parroquia:** Eloy Alfaro
- **Cantón:** Latacunga
- **Provincia:** Cotopaxi
- **Zona 3**
- **Institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi

Lugar de ejecución (*Anexo 2*)

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agroindustrial

Proyecto de investigación vinculado:

Identificación y caracterización física y química de agaves con fines agroindustriales en el cantón Latacunga.

Equipo de trabajo:**Tutora de titulación**

- Ing. MSc. Arias Palma Gabriela Beatriz (*Anexo 3*)

Estudiantes

- Albán Martínez Yesenia Gabriela (*Anexo 4*)
- Caiza Molina Carlos Andres (*Anexo 5*)

Área del conocimiento:

Ingeniería, Industria y construcción.

Línea de investigación:

Procesos industriales

Sub-línea de investigación:

Biotecnología agroindustrial y fermentativa

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Desde la antigüedad el hombre se ha dedicado a elaborar alimentos mediante procesos fermentativos, eso le ha permitido obtener una gran diversidad de productos y aprovechar diferentes recursos en subproductos que perduren por más tiempo. En el Ecuador existe una variedad de riquezas naturales óptimas e ideales para transformaciones industriales, sin embargo, la falta de estímulos (económicos, tecnológicos y sociales), ha ocasionado que no se aproveche de forma adecuada y eficaz la materia prima, evitando realizar productos con valor agregado.

El agave es una materia prima desconocida y desaprovechada en la industria alimentaria a pesar de que se le atribuyen grandes beneficios nutricionales por los componentes que presenta en el aguamiel. Tan solo se utiliza la fibra que se obtiene de las hojas para la fabricación de artesanías como canastos, bolsos, cinturones, alfombras e incluso sombreros.

Con la elaboración de la cerveza artesanal, se pretende dar una mayor variedad de estilos para el consumidor; con otro sabor, color y aroma; se propone utilizar materias primas de la región andina ecuatoriana como el aguamiel de agave y plantas aromáticas, con lo que se puede generar valor agregado y fomentar una distinta industrialización de estos recursos.

La información generada servirá para impulsar la creación de nuevos productos (bebidas carbonatadas, bebidas alcohólicas y bebidas energizantes) e incluso lograr una entrada económica adicional en los pobladores de sectores rurales del cantón Latacunga (productores de aguamiel y plantas aromáticas), mediante la comercialización de la materia prima; la aplicación de esta investigación fomentará la introducción del cultivo de agave y plantas aromáticas en el entorno de forma responsable.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Directos

Los beneficiarios directos del proyecto serán los sectores rurales del cantón Latacunga; con una población de 35158 Hombres y 36976 Mujeres (Censo, 2010); porque ayudará a mejorar la rentabilidad económica, con la comercialización e industrialización de la materia prima (aguamiel y plantas aromáticas).

3.2. Indirectos

Los beneficiarios indirectos serán los consumidores y los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la industria cervecera las materias primas tienen un alto costo, especialmente la de la levadura y el lúpulo, que deben ser importados de países como Alemania, Reino Unido y Estados Unidos. La investigación pretende sustituir esta materia prima por plantas aromáticas del sector, que generen características idénticas o similares en cuanto al sabor y aroma, para determinar las cualidades sensoriales del producto final.

Hasta la actualidad el aprovechamiento del agave en la serranía ecuatoriana ha pasado sin tener ningún uso de una forma industrial en las diferentes materias primas que brinda esta planta (hojas, piña, aguamiel, raíces, flores), debido a diversos factores desfavorables que existe en el país; siendo algunos la falta de apoyo por entidades estatales o institucionales para promover proyectos, la despreocupación en la industrialización y escasos estudios sobre los beneficios industriales del agave. Las variaciones climáticas permiten que exista una diversificación de productos agrícolas siendo el agave fuente de aguamiel, que se fermenta posteriormente a su recolección y plantas que presentan compuestos aromáticos ideales en la producción de una bebida alcohólica.

En los sectores rurales del cantón Latacunga, la mayor parte de agave es utilizado para delimitación de terrenos, caminos y cercas, ya que se desconoce los usos de la planta a nivel industrial. Con la aplicación de esta investigación se desea incrementar la demanda de cultivo del agave en forma responsable y que su producción no sea destinada de forma exclusiva a la obtención de fibras; si no también, para otra clase de productos fermentados a partir de aguamiel.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar la incorporación de aguamiel de agave (*Agave americana L.*) y plantas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal.

5.2. Objetivos Específicos

- Valorar la concentración de aguamiel de agave (*Agave americana L.*) y plantas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal.
- Establecer el mejor tratamiento por análisis físico - químicos durante el proceso de fermentación.
- Realizar un análisis bromatológico y microbiológico al mejor tratamiento.
- Determinar la aceptabilidad del mejor tratamiento por análisis sensorial.

- Estimar el costo de producción del mejor tratamiento.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADOS	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Objetivo 1: Valorar la concentración de aguamiel de agave (<i>Agave americana L.</i>) y plantas aromáticas en la elaboración de cerveza artesanal.	Se determinó las cantidades adecuadas de aguamiel y plantas aromáticas.	Se obtuvo la cerveza artesanal.	Recuento de levaduras en el aguamiel de agave Características físico-químicas distintas de la fermentación (pH, acidez, °Brix, % alcohólico).
Objetivo 2: Establecer el mejor tratamiento por análisis físico-químicos durante el proceso de fermentación.	Se evaluó los datos de los diferentes tratamientos durante el proceso; % alcohólico, °Brix, pH, turbidez, densidad, acidez.	Se determinó de las variaciones físico-químicas en los diferentes tratamientos Se obtuvo el mejor tratamiento.	Resultados de los análisis físico-químicos (acidez, pH, °Brix, turbidez, % alcohólico, densidad).
Objetivo 3: Realizar un análisis bromatológico y microbiológico al mejor tratamiento.	Se analizó el mejor tratamiento de cerveza artesanal.	Se obtuvo el resultado de los análisis.	Resultados del laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador.
Objetivo 4: Determinar la aceptabilidad del mejor tratamiento por análisis sensorial.	Se sometió a una prueba de aceptación el mejor tratamiento obtenido por análisis físico-químico.	Se determinó la aceptabilidad del producto.	Nivel de aceptabilidad; prueba de preferencia y escala de siete puntos (ISO 4121:1987).
Objetivo 5: Estimar el costo de producción del mejor tratamiento.	Se analizó el costo de producción del mejor tratamiento.	Se determinó los gastos en la elaboración de cerveza.	Balance de costos de producción.

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Antecedentes

Según Muñiz-Márquez, Rodríguez-Jasso, Rodríguez-Herrera, Contreras-Esquivel y Aguilar-González (2013) en el artículo científico Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana, publicada por Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila; manifiestan que las plantas del género *Agave*, representan uno de los recursos naturales más importantes desde el punto de vista económico, cultural y social, debido a que de ellas se puede obtener una enorme variedad de subproductos y residuos que pueden ser empleados en la industria de la fermentación para la producción de compuestos y una gran cantidad de productos alimentarios.

Godoy, Herrera y Ulloa (como se citó en Tenemaza, 2018) en la investigación: Desarrollo de cerveza artesanal estilo Stout para maridaje de postres a base de café, en la Universidad de las Américas; mencionan que, desde época prehispánica se ha empleado bebidas alcohólicas con diversos fines religiosos, medicinales, propósitos profilácticos y longevidad humana. Hace 3000 a.C. en Mesoamérica se utilizó el maguey como producto generador de aguamiel y en los años 700 - 900 d.C, se comenzó a elaborar una bebida fermentada denominada pulque, dicen también que los procedimientos de elaboración de estos productos pueden modificarse, gracias a la inventiva humana para aprovechar los recursos naturales que están al alcance.

Molina (2016) en el proyecto de investigación: Obtención y caracterización de la inulina a partir de dos variedades de agave (*Agave americana L.*) y agave sisal (*Agave sisalana P.*) Con tres concentraciones de alcohol (40, 60, 80%), realizada en los laboratorios académicos de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el período 2015-2016, da a conocer que, los agaves tienen un sinnúmero de utilidades; hoy en día se utiliza para la elaboración de tequila, ya que el jugo contiene abundantes cantidades de azúcares y se puede fermentar rápidamente y para la elaboración de miel de agave.

Según Hervás (2011) en el tema investigado: Estudio de la influencia de los °Brix del chaguarmishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne,

investigación realizada en la ciudad de Ambato en la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos, manifiesta que, para extraer el aguamiel es necesario esperar a que el maguey o penco madure por ocho años. Se realiza un hoyo en la piña de la planta (parte central o corazón) con un cuchillo y la persona encargada de este trabajo introduce un raspador alargado y forma un orificio adecuado en la planta del cual fluye el aguamiel. Una semana después de realizado el raspado el líquido comienza a fluir, a partir de aquello el dulce se recoge diariamente de dos a tres L/día.

Según Pillajo (2015) en el tema: Estudio de la fermentación del aguamiel de la penca (*Agave americana L.*) para la obtención de una bebida alcohólica fermentada, investigación realizada en la Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería de Alimentos; da a conocer que, el aguamiel de la penca (*Agave americana L.*) se caracteriza por ser un líquido blanco, con olor fuerte y viscoso, en estado natural contiene una gran población de microorganismos y es propenso a procesos fermentativos espontáneos de la cual se obtiene una bebida tradicional ecuatoriana denominada chaguarmishque.

Según Mejía y Pérez (como se citó en Chancusig, 2011) en el tema: Estudio de las propiedades reológicas del dulce de cabuyo negro (*Agave americana L.*) para la elaboración de un edulcorante bajo en calorías, investigación realizada en Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos; concluyen que, el sabor, olor y aceptabilidad son los que más influyen en un producto a base de dulce de cabuyo negro.

Fernández (2015), da una entrevista a la Agencia Iberoamericana para la Difusión de Ciencia y Tecnología (DICIT), Emprendedores mexicanos elaboran cerveza artesanal de agave azul baja en calorías; da a conocer que, se desarrolló una alternativa novedosa en la industria de productos artesanales en México y se utilizó ingredientes principales (agua, lúpulo y levadura) para la elaboración de la bebida alcohólica con la adición de agave (azúcar de agave); las características son color ámbar con matices naranjas y dorados, dotada de espuma con textura cremosa, burbujas intensas y se perciben aromas

frutales mezclados con nuez horneada, café, chocolate, soya y tabaco, acompañados de matices de miel floral.

Domene (2018) en el folleto Maestro cervecero: Guía para elaborar tu propia cerveza; indica que, en la elaboración de cerveza antiguamente para aromatizar, saborizar y conservar utilizaban el denominado gruit o mezcla de hierbas: romero, mirto, cilantro, aquilea, frutos del bosque, la mezcla influía en la calidad de la cerveza y características organolépticas de la misma.

Gallegos (como se citó en Micho, 2015) en la investigación: Creación de un establecimiento de alimentos y bebidas que ofrecerá cervezas aromatizadas de sabores, con una combinación de picaditas argentinas. Orientado a todo público (mayores de edad), realizado en la Universidad de las Américas; dice que, la cerveza aromatizada es la combinación de esencias, jarabes o sirope de frutas lo que da una combinación y así obtener un producto diferente y único. Así mismo menciona que en la cerveza el sabor es un criterio decisivo y a veces depende de los elementos específicos del país, pero debe satisfacer las expectativas de los clientes para poder imponerse sobre las cervezas de los competidores.

Según Torres y Bohórquez (2017) en el tema: Sustitución parcial del lúpulo (*Humulus lupulus*) por cedrón (*Aloysia citrodora*) en la elaboración de cerveza artesanal, investigación realizada en la Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería de Alimentos, concluyen que el grado alcohólico estuvo influenciado directamente conforme aumentaba la cantidad de cedrón en las sustituciones debido a los compuestos aromáticos y antimicrobianos propios de esta planta.

Enríquez y Acevedo (como se citó en Casas, Aguilar, De la Garza, Morlett, Montet y Rodríguez, 2015) en el artículo científico: Importancia de las levaduras *no-Saccharomyces* durante la fermentación de bebidas alcohólicas, investigado en la Universidad Autónoma de Aguascalientes México; destacan que las características de mayor relevancia en cualquier tipo de fermentación son el sabor y aroma, que estarán estrictamente relacionados con la materia prima a fermentar y las especies de levaduras que realizan la fermentación. Los aromas y sabores son el resultado de los diferentes metabolitos de desecho que produce cada cepa; dentro de estos metabolitos se

encuentran compuestos azufrados, ésteres (acetato de etilo, acetato de isoamilo y acetato de metilo), ácidos orgánicos (butírico, fórmico, propiónico), carbonilos (acetona, acetaldehído) y alcoholes (butanol, sec-butanol, isobutanol).

7.2. Fundamentación teórica

7.2.1. Agave (*Agave americana L.*)

Varios especialistas coinciden que el *Agave americano L.*, es de origen mesoamericano, posiblemente fue introducido en la región Andina, en épocas prehispánicas. (Cobo, 2016).

García-Mendoza (2012), afirma que:

El agave ha sido aprovechado por el hombre hasta la actualidad; siendo México el área con mayor diversidad en todo el mundo, posee el 75% de especies existentes, de las cuales es posible obtener fibras textiles, bebidas a partir del aguamiel y polvo de hojas secas. (p.53)

“La mayor parte de las plantas son monocárpicas, después de la floración y maduración la planta muere” (Loachamin, 2015, p.25).

Lemus y Ortiz (como se citó en Loachamin, 2015) define que:

La producción de agave y sus derivados puede mejorar e impulsar los niveles de empleo y de pequeñas economías, además mejorar los procesos para generación de productos tradicionales, puede permitir el progreso de regiones de alta marginación, cuyo único recurso agrícola son los agaves que cultivan. (p.9)

En el Ecuador, el agave es vital para la supervivencia de los indígenas, es denominado planta de las mil maravillas y utilizado comúnmente para delimitar territorios, contener la erosión en quebradas y en tierras laderasas, las hojas son utilizadas como medio para procesos de lavado por su contenido en saponinas, también son utilizadas como fuente de alimentación para el ganado vacuno de los valles cálidos y secos de callejón interandino de las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo. (Amaya y Lasluisa, 2018, p.17).

En el año 2016, en Ecuador, varios artesanos, emprendedores y promotores de los derivados del penco, fundaron ANAGAVEC (Asociación Nacional de las Cadenas Productivas del Penco) y la Cabuya del Ecuador, con el fin de establecer un organismo que promueva la investigación, la exploración, el incentivo cultural y tecnológico para la producción de los derivados del agave y salvaguardar el patrimonio cultural y natural que circula alrededor de esta majestuosa planta.

7.2.1.1. Taxonomía

Tabla 2. Identificación y clasificación taxonómica de la especie

Taxonomía	Nomenclatura
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Asparagales</i>
Familia	<i>Agavaceae</i>
Genero	<i>Agave</i>
Especie	<i>Americana</i>
Nombre científico	<i>Agave americana L.</i>
Nombre común	Cabuya negra / penco

Fuente: Inventario de las especies vegetales en el sendero ecológico de las cascadas JUN JUN. (Garcés, 2012)

7.2.1.2. Descripción botánica de la planta

Nieto, Vargas, Nieto, Jiménez, Hernández y Ortiz (2016). Describen a la planta de la siguiente manera:

- Las hojas en general son rígidas muy fibrosas, con la base dilatada y carnosa; casi siempre tiene una espina punzante al final de forma recta, curvada o cilíndrica. Poseen células especializadas para el almacenamiento de agua y reservas energéticas para la floración.
- El tallo en general es pequeño, envuelto por las hojas, cuando alcanza el proceso de madurez se comienza la extracción de aguamiel.
- Las raíces son fibrosas, las más viejas son gruesas, mientras las jóvenes son finas y muy ramificadas; depende de la adaptación para la captación de agua en zonas desérticas.

- Las flores cuentan con seis tépalos, en general de color amarillo o dorado, pero también blanco y rojo. Florece una sola vez y muere.
- El fruto es una cápsula, en la mayoría de los casos dehiscente longitudinalmente cuando madura, pero permanece en la planta durante meses.
- Las semillas son aplanadas y de color negro. (p.19 - 20)

Nieto *et al.* (2016) afirman: “El agave es una planta xerófila, pero mantiene reacciones bioquímicas y asimilación de carbono (CO₂) por la capacidad de almacenamiento de agua, se conserva de esta manera por siete años y tolera pérdidas de agua del 70 - 95%” (p.21)

7.2.1.3. Usos

Al agave se le atribuyen diferentes usos desde la antigüedad; siendo los principales:

Tabla 3. Principales usos del agave

USOS	PRODUCTO	PARTE DE LA PLANTA
Alimentación	Azúcar - guisos - dulce - tortillas - pan	Tallo - flores y frutos - hojas
Bebidas	Aguamiel - pulque - mezcal - tequila - vinagre - jarabe	Tallo (<i>piña</i>)
Agrícola	Cercas - fertilizante	Planta completa
Forraje	Bovinos - caprinos - porcinos	Hojas - escapos florales - parte de la inflorescencia - bagazo
Construcción	Cercas - canales para coleccionar agua de lluvia	Hojas - residuos de la fibra
Fibras	Cordelería - cepillos - estropajos	Fibras de las hojas - raíces
Medicinal	Antinflamatorio	Hojas - miel
Ornamental	Adornos corporales - jardines - calles	Toda la planta
Domestico	Jabón	Hojas
Otros usos	Industria química y farmacéutica - producción de celulosa, etanol y glucósidos	Toda la planta - jugo - bagazo

Fuente: El género *agave spp.* en México. (García-Herrera, Méndez-Gallegos y Talavera-Magaña, 2010)

7.2.1.4. Aguamiel de agave

El aguamiel se obtiene cuando el agave alcanza los 8 o 10 años de madurez, por la perforación y raspado del centro de la planta para eliminar el bagazo. Después de ocho

días se puede recolectar diariamente alrededor de dos litros de líquido transparente, azucarado y de olor herbáceo, por un periodo de tres o seis meses (Ávila, 2016), la materia prima se utiliza para la fabricación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas.

En la norma oficial mexicana de aguamiel NMX-V-022-1972, se detallan los parámetros físico - químicos, de la materia prima:

- pH: Mínimo 6,6 y máximo 7,5.
- Sólidos totales (g/100 mL): Mínimo 13 y máximo 17.
- Azúcares reductores totales en glucosa (g/100 mL): Mínimo 8 y máximo 12.
- Azúcares reductores directos en glucosa (g/100 mL): Mínimo 2 y máximo 3.
- Acidez mg/100 mL (como ácido láctico): Mínimo 0,90 y máximo 1,03.
- Color: Debe tener un color ambarino, propio del producto.
- Olor: Debe ser el característico del producto.
- Sabor: El sabor del aguamiel debe ser dulce.
- Aspecto: Debe tener aspecto traslúcido.

Villarreal, Enríquez, Michel, Flores, Montañez-Saens, Aguilar y Herrera (2019) manifiestan: “La fermentación del aguamiel se produce de forma natural, transcurridas pocas horas de recolección; por la presencia de los microorganismos *Leuconostoc spp.*, *Leuconostoc gelidum*, *Lactococcus lactis*, *Enterococcus casseliflavus*, *Pediococcus*, *Kluyveromyces marxianus* y *Saccharomyces cerevisiae*. Este proceso permite obtener bebidas alcohólicas como el pulque.

La levadura *Kluyveromyces marxianus* compite con la capacidad fermentativa de las *Saccharomyces*, también es usada en la industria alimentaria dado que puede fermentar en temperaturas mayores a 45 °C; y es considerada una levadura termotolerante (Sanorn *et al.*, 2008), además puede desarrollarse en bajas concentraciones de azúcar y generar una serie de compuestos de importancia, tales como: endopoligalacturonasa, que reduce la viscosidad de zumos de frutos procesados, inulinasas que producen fructosa y β -glucosidasa a partir de inulina. (Casas *et al.*, 2015)

7.2.1.4.1. Beneficios

En el portal Ocioltura (2016), se describe que el aguamiel posee una vida corta entre 24 y 48 horas en condiciones de refrigeración antes de su fermentación y menciona algunos de los beneficios que posee:

- Al ser una bebida acuosa, es un excelente hidratante, ya que ayuda a reponer líquidos y electrolitos en el cuerpo.
- Rico en fibra soluble, proteína, potasio, magnesio, calcio, zinc y vitamina C.
- Excelente antioxidante.
- Tiene propiedades medicinales terapéuticas que ayudan a controlar el colesterol malo.
- También ayuda a fortalecer las defensas del cuerpo.
- Si se consume de forma regular, este brebaje puede limpiar y mejorar el funcionamiento del aparato digestivo de forma significativa.
- Posee varios tipos de carbohidratos como la fructuosa, sacarosa y glucosa. Es ideal para diabéticos, ya que los azúcares del aguamiel al no estar procesados ayudan a bajar el exceso de azúcar de la sangre.

7.2.2. Plantas aromáticas

Las plantas aromáticas ecuatorianas presentan características agradables y únicas, tanto en aroma y sabor. La adición de estas características nuevas no representa cambios significativos en la fabricación de la cerveza, pero otorga un aroma refrescante en el producto final. (Cedeño y Mendoza, 2016)

7.2.2.1. Hierba luisa (*Cymbopogon citratus*)

Vargas (2015), menciona que la hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) es “una gramínea comúnmente conocida como hierba de limón, durante muchos años ha sido usada con fines medicinales en diferentes países. La parte utilizada por la industria está constituida por las hojas y los tallos tiernos” (p.2)

7.2.2.1.1. Taxonomía

Tabla 4. Identificación y clasificación taxonómica de la especie

Taxonomía	Nomenclatura
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Genero	<i>Cymbopogon</i>
Especie	<i>Citratus Stapf</i>

Fuente: Aceite esencial de la hierba luisa. (Burbano, V., 2016)

7.2.2.1.2. Descripción de la planta

Jiménez y Fonnegra (como se citó en Meza y Vargas, 2013) mencionan que la especie es “una hierba terrestre perenne de 0,5 a 2,0 metros de altura, aromática con ligero aroma a limón; hojas arrosetadas en base a la planta, lineales, estrechas y rojizas al secarse y con flores reunidas en panículas de espiguillas, raramente florece” (p.7)

7.2.2.1.3. Usos

Soto, Vega y Tomajón (como se citó en Quinllay, 2016), revelan que esta planta “se emplea en forma de droga seca, infusiones de las hojas frescas o secas, extracto fluido, tintura o aceites esenciales en analgésicos, antiinflamatorios, antiasmáticos, expectorantes y antiespasmódicos” (p.35)

7.2.2.1.4. Composición química

La hierba luisa está compuesta químicamente por: farseno, mirceno, citral, geranial, linalol, neral, citronelal y limoneno. (Alarcón, 2011, p.32)

7.2.2.2. Cedrón (*Aloysia citrodora*)

Di Leo (2016) da a conocer que el cedrón (*Aloysia citrodora*) “Es la especie aromática nativa más difundida en el mundo. Actualmente su comercialización se provee de cultivos existentes en varios países, como Marruecos, Portugal, Francia, Vietnam, Paraguay y Chile. La fracción volátil es una de las características más destacadas del cedrón. El principal componente de su aceite esencial es el citral (mezcla de neral y

geranial), que junto con el limoneno, son los responsables del olor característico de esta especie aromática” (p.9)

7.2.2.2.1. Taxonomía

Tabla 5. Identificación y clasificación taxonómica de la especie

Taxonomía	Nomenclatura
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Orden	<i>Lamiales</i>
Familia	<i>Verbenáceas</i>
Genero	<i>Aloysia</i>
Especie	<i>Triphylla, Citrodora</i>

Fuente: Evaluación nutricional y físico química de mezcla de pepino (*Cucumis sativus L.*) y cedrón (*Aloysia triphylla*) como base de una bebida funcional. (Paucar, 2015)

7.2.2.2.2. Descripción botánica de la planta

Quezada (como se citó en Álvarez, 2012). Describe a la especie un arbusto perenne de 1,5 a 5 metros de alto con las siguientes características:

- Raíces fasciculadas y fibrosas de color blanco.
- Tallo leñoso de color café claro, con nudos donde brotan nuevas ramas.
- Hojas verticiladas, lanceoladas, simples, enteras, pecioladas, de 1,5 a 3 cm de ancho y de 7 a 10 cm de largo, de color verde oscuro brillante en el haz y verde claro en el envés, reunidas en verticilos de 3 a 4 hojas que forman una roseta.
- Flores pequeñas de 3 a 4 mm, de color blanco violáceo o morado pálido, que en conjunto forman una inflorescencia en racimo.
- Frutos son drupas pequeñas, de color verde.
- Semillas son de color gris. (p.33-34)

7.2.2.2.3. Usos

Existe una creciente demanda de la planta para aplicaciones industriales además del uso medicinal, como la elaboración de mezclas para infusiones, bebidas a base de hierbas, aguas saborizadas, licores, productos cosméticos y fragancias (Di Leo, 2016, p.9)

7.2.2.2.4. Composición química

La composición química del cedrón está conformada por citral, limoneno, linalol, cineol, terpineol, cariofileno, geraniol, verbenona, ácido tánico, timol, pinocembrina. Tiene más principios activos cuando las flores están a punto de abrirse. Posee una importante cantidad de melatonina, sustancia que se usa como relajante natural y que favorece el sueño. (Alarcón, 2011, p.30)

Tabla 6. Composición química del cedrón

Parámetro	Muestra seca g
Citral	30,00%
Limoneno	13,00%
Cineol	5,70%

Fuente: Identificación, historia, características y aplicaciones culinarias de cinco plantas aromáticas endémicas de América (Álvarez, 2012)

7.2.3. Bebida alcohólicas

Torres y Bohórquez (2017) definen que:

Bebida alcohólica es el producto alcohólico apto para consumo humano, obtenido por procesos de fermentación de materias primas de origen vegetal y que es sometido o no, a destilación, rectificación, infusión, maceración o cocción de productos naturales, con un contenido alcohólico mayor al 0,5% en volumen; el producto puede o no ser añejado, estar adicionado o no de diversos ingredientes y aditivos. (p. 10)

De acuerdo a los procesos para obtener un grado alcohólico distinto se clasifican en bebidas fermentadas y destiladas. Las bebidas fermentadas proceden de la capacidad de las levaduras para transformar los azúcares en alcohol y CO₂ partiendo de jugos de frutas o de almidón de cereales, las más comunes son la sidra, la cerveza y el vino. Las bebidas destiladas provienen de la concentración de los alcoholes a través de la separación del agua contenida en la fermentación de bebidas, los más conocidos son vodka, ron, whisky, coñac y ginebra. (MSSI, 2007)

7.2.3.1. Cerveza

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2262:2013, la cerveza se denomina como:

Bebida de bajo contenido alcohólico, resultante de un proceso de fermentación natural controlado, por medio de levadura proveniente de un cultivo puro, en un mosto elaborado con agua de características físico - químicas y bacteriológicas apropiadas, cebada malteada sola o mezclada con adjuntos, con adición de lúpulo y/o sus derivados.

Dos Santos, Moretzsohn y Camporese (2014) “Indican que el proceso de elaboración es complejo y requiere el control de numerosos parámetros para asegurar la reproducibilidad de la calidad del producto final: una mezcla compleja de constituyentes que varían en naturaleza y nivel de concentración”. (p.2)

7.2.3.2. Cerveza artesanal

Es una bebida producto de la fermentación de cereales elaborada en pequeñas cantidades, siguiendo una propia receta y poniendo especial atención en el sabor que es diferente y personal. La generalidad de las cervezas artesanales es que además de ser elaboradas con malta de cebada, lúpulo y agua, se incluyen otros ingredientes como: cereales, hierbas aromáticas y frutas para dar un toque diferente y novedoso. (Los, 2008)

La UP (Universidad del Pacífico) (2011) considera, que los diferentes estilos de cervezas pueden ser elaborados de manera artesanal (tradicionales o personalizadas). La personalización consiste en darle a la cerveza el carácter individual que el consumidor desea en su elaboración y presentación.

7.2.3.3. Requisitos físico - químicos de las cervezas

Palacios, Alcázar, Jurado y De Pablos (2012) mencionan que los requisitos físico - químicos de la cerveza son “términos que se usan para definir requerimientos regulatorios y existen varios parámetros relacionados con la calidad de la cerveza”.

Tabla 7. Requisitos físico - químicos para elaborar cerveza en Ecuador

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo
Contenido alcohólico a 20 °C	% (v/v)	1,0	10,0
Acidez total, expresado como ácido láctico	% (m/m)	-	0,3
Carbonatación	Volúmenes de CO ₂	2,2	3,5
pH	-	3,5	4,8
Contenido de hierro	mg/dm ³	-	0,2
Contenido de cobre	mg/dm ³	-	1,0
Contenido de zinc	mg/dm ³		1,0
Contenido de arsénico	mg/dm ³		0,1
Contenido de plomo	mg/dm ³		0,1

Fuente: NTE INEN 2262:2013

7.2.3.4. Materia prima para la elaboración de cerveza

Las materias primas para la elaboración de cerveza son: agua, malta, lúpulo y levaduras, pero se pueden incluir adjuntos para aportar sabores nuevos.

- Malta

La malta es la materia prima necesaria para la elaboración de cerveza, otorga características de sabor, color y proporciona casi todos los componentes proteínicos solubles de la cerveza, que dan estabilidad a la espuma. El tiempo y temperatura en el proceso de malteado deben ser controlados. (Raymond y Donald, 2003, p.367)

La norma Técnica NTE INEN 2262:2013, presenta la siguiente definición: “Cebada malteada. Es el producto de someter el grano de cebada a un proceso de germinación controlada, secado y tostado en condiciones adecuadas para su posterior empleo en la elaboración de cerveza”

Villacres (como se citó en García, 2015) dice lo siguiente:

La cebada es un alimento energético, rico en carbohidratos, especialmente almidón, importante aporte energético para el organismo.

Se compone de hidratos de carbono (65-68%), grasa (2-3%), proteínas (10-17%), minerales, vitaminas, antioxidantes y fibra soluble e insoluble. La fibra total está entre (11-34%) y la fibra soluble entre (3-20%). Los granos tostados

son útiles para elaborar bebidas instantáneas y extractos, debido a la presencia de azúcares reductores, dextrinas y compuestos heterocíclicos. (p. 3)

La malta es la cebada germinada y secada. En la germinación se generan una gran cantidad de enzimas activas necesarias, que generan moléculas pequeñas de azúcar a partir del almidón durante el proceso de maceración para la preparación de cerveza. (Raymond y Donald, 2003, p.369)

- **Lúpulo**

La norma Técnica NTE INEN 2262:2013, define al lúpulo como: “Producto natural obtenido de la planta (*Humulus lupulus*), responsable del amargor y de aroma de la cerveza. Puede estar en forma vegetal o en forma de extracto”

El uso de este insumo en la cerveza promueve la formación de la espuma, tiene acción antiséptica, contribuye con precipitación de proteínas durante la ebullición del mosto y actúa como un medio de filtración. (Van, 2005, p.105). El lúpulo contiene un polvo resinoso, de color amarillo; lupulino. En esta resina existen componentes naturales como α -ácidos, β -ácidos, polifenoles y aceites esenciales.

- **Agua**

El agua es el mayor constituyente de la cerveza, entre el 90 y 95%, por lo que la selección de una fuente adecuada de agua potable es uno de los puntos más importantes para la cervecería. La relación de consumo es de 3 a 12 litros de agua por cada litro de cerveza obtenido y depende del tipo de cerveza que se elabore.

En la maceración de los granos se añade agua y la calidad del insumo es un factor muy importante para el proceso. Si las fuentes de donde proviene el agua son de calidad, se minimiza costos de tratamientos de agua, además el agua influye directamente en el sabor del producto final y no es raro que dos cervezas tengan un sabor diferente si son elaboradas en distintas localidades. (Mattos, 2004)

Según norma Técnica NTE INEN 1108:2011, el agua debe ser potable, libre de sabores y olores extraños. Por su composición, tiene influencia en las características organolépticas de la cerveza, además por sus sales presentes puede variar la calidad; los

minerales que forman parte de su contenido son el calcio, (influye en la turbidez y color), los sulfatos (amargor) y los cloruros (textura).

- **Levaduras**

Las levaduras son hongos microscópicos que actúan en el proceso de fermentación, forman alcohol y CO₂, mediante el desdoblamiento de los azúcares procedentes de la malta y en ausencia de O₂. (Gamazo, Sánchez y Camazo, 2013, p.180)

Alcázar (2001) plantea que las levaduras son hongos unicelulares con multitud de especies. Este ingrediente es el organismo que transforma el azúcar del mosto en alcohol y CO₂. De todas las levaduras existentes, en cervecería se emplean las del género *Sacharomyces*. La variedad de levadura usada en la elaboración es lo que caracteriza a la cerveza, de forma que los productores guardan celosamente las variantes de levaduras conseguidas a fin de caracterizar a sus productos, que resultan de esta forma inimitables.

7.3. Marco conceptual

- **Agave:** Genero de flores monocotiledóneas, generalmente suculentas pertenecientes a la familia *Agavaceae* a la que da nombre. Su área de origen es a región en la que hoy se encuentra repartida entre en norte de México y el sur de Estados Unidos.
- **Aguamiel:** También conocido como sirope, tlachique, jarabe o miel de agave, es la savia que contiene el cogollo de las plantas conocidas como maguey; pertenecientes a la familia de los agaves, especialmente de los magueyes pulqueros.
- **Airlock:** Es un dispositivo que permite que un recipiente sellado libere gases e impide que el aire pueda entrar en el recipiente. Permite la salida del CO₂ producido por la fermentación y a su vez impide la entrada de cualquier producto que contamine dentro la fermentación u oxide la cerveza.
- **Amargor:** Es el impacto sensorial en el consumidor que ocurre a través de las distintas modalidades de percepción del sabor como el gusto y la sensación en la boca, de la vista como el color, transparencia, formación y retención de espuma y del olor como distintas variedades de aromas.

- **Ápice:** Extremo superior o punta de la hoja, del fruto, del pólipo, etc. El adjetivo apical se puede aplicar a flores y frutos con el significado del más distal.
- **Astringencia:** Cualidad organolépticas de las bebidas alcohólicas, en virtud del contenido de taninos le dan ese matiz de amargor y sequedad al producto.
- **Bagazo:** El residuo que queda al exprimir una fruta.
- **Bulbillos:** Órganos subterráneos de almacenamiento de nutrientes. Las plantas que poseen este tipo de estructuras se denominan colectivamente plantas bulbosas.
- **Célula:** Unidad anatómica fundamental de todos los organismos vivos, generalmente microscópica, formada por citoplasma, uno o más núcleos y una membrana que la rodea
- **Cerveza:** La cerveza es la bebida resultante de la fermentación alcohólica del mosto por acción de levaduras seleccionadas.
- **Dehiscente:** Apertura espontánea de una estructura vegetal, una vez llegada su madurez, para liberar su contenido.
- **Fermentación alcohólica:** La fermentación alcohólica es una de las etapas principales que transforman el mosto en un líquido con un determinado contenido de alcohol etílico.
- **Filtración:** En la siguiente fase de filtración o clarificación, tiene lugar la separación de las materias solubles del extracto (mosto) de las partículas sólidas.
- **Grado Alcohólico:** El grado alcohólico o graduación alcohólica es el porcentaje en volumen de alcohol etílico contenido en una bebida alcohólica a una temperatura determinada, la cual suele ser ajustada y referida a 20 °C durante su medición experimental.
- **Levaduras:** Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen por gemación, con formas redondeadas ovaladas y de una longitud de 8 a 10 µm.
- **Lúpulo:** El lúpulo es el componente de la cerveza que le proporciona amargor, sabor y aroma en la cerveza.
- **Malta:** La malta es un ingrediente relevante al igual que el agua en la elaboración de la cerveza
- **Maceración:** Proceso mediante el cual el cervecero, a través de remojar el grano (principalmente de cebada) con agua a ciertas temperaturas, activa diversas enzimas de la malta para convertir los almidones en azúcares más simples.

- **Microorganismos:** Es un ser vivo, o un sistema biológico, que solo puede visualizarse con el microscopio. Son organismos dotados de individualidad que presentan, a diferencia de las plantas y los animales superiores, una organización biológica elemental.
- **Monocárpicas:** Estrategia de reproducción vegetal que se caracteriza por un único episodio reproductivo antes de la muerte.
- **Mosto:** En la elaboración de la cerveza es el líquido que se aromatiza con lúpulo en forma de infusión y es posteriormente fermentado, se denomina así por su sabor dulce.
- **Péndulos florales:** Estructura de un tallo y es responsable de la sustentación y conducción de la savia a las flores.
- **Perenne:** Planta que vive durante más de dos años o, en general florece y produce semillas más de una vez en su vida.
- **pH:** Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.
- **Pulque:** Bebida fermentada tradicional de México, cuyo origen es prehispánico y que se elabora a partir de la fermentación del aguamiel.
- **Rizoma:** Tallo subterráneo con varias yemas que crecen de forma horizontal emitiendo raíces y brotes herbáceos de sus nudos.
- **Savia:** Líquido que circula por los vasos conductores de las plantas y que está formado por agua y compuestos nutrientes.
- **Saponinas:** Glucósidos de esteroides o de triterpenoides, llamadas así por sus propiedades semejantes a las del jabón.
- **Sólidos totales:** Medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro - granular.
- **Xerófita:** Plantas adaptadas a la escasez de agua en la zona en la que habitan.

8. VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

8.1. Hipótesis Nula

Ho: La concentración de aguamiel de agave y plantas aromáticas **No** influyen en las características físico - químicas, microbiológicas y sensoriales de la cerveza artesanal.

8.2. Hipótesis Alternativa

Ha: La concentración de aguamiel de agave y plantas aromáticas **Si** influyen en las características físico - químicas, microbiológicas y sensoriales de la cerveza artesanal.

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1.METODOLOGÍA

Para realizar este proyecto se consideraron tipos, métodos, técnicas e instrumentos de investigación.

9.1.1. Tipos de investigación

- **Investigación experimental:** La investigación experimental se ha ideado con el propósito de determinar con confiabilidad posible relaciones de causa - efecto, para lo cual uno o más grupos llamados experimentales, se exponen a los estímulos experimentales y los comportamientos resultantes se comparan con los comportamientos de ese u otros grupos llamados de control, que no reciben el tratamiento o estímulo experimental.

La investigación experimental se utilizó para determinar el mejor tratamiento obtenido; a través de la manipulación de variables y factores experimentales.

- **Investigación aplicada:** Se trata de un tipo de investigación centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado, ya que no se trata de explicar una amplia variedad de situaciones, sino que más bien se intenta abordar un problema específico.

La investigación aplicada permitió conocer el efecto de sustituir parcialmente el lúpulo y sustituir completamente levadura de la cerveza, en la investigación.

- **Investigación explicativa:** Se trata de uno de los tipos de investigación más frecuentes y en los que la ciencia se centra. Es el tipo de investigación que se utiliza con el fin de intentar determinar las causas y consecuencias de un fenómeno

concreto. Se busca no solo el qué sino el porqué de las cosas y cómo han llegado al estado en cuestión.

La investigación explicativa fue una herramienta que permitió determinar la relación causa - consecuencia en el desarrollo del proyecto.

9.1.2. Métodos de investigación

- **Método cualitativo:** Tiene base en el principio positivista y neopositivista y su objetivo es el estudio en las cualidades de valores y fenómenos para establecer y fortalecer una teoría planteada. Se enfoca en lo subjetivo e individual desde una perspectiva humanística, mediante la interpretación, la observación, entrevistas y relatos.

Este método cualitativo se utilizó en la investigación para describir las cualidades y características del producto antes, durante y después del proceso.

- **Método inductivo:** A través de este método se analiza situaciones particulares mediante un estudio individual de los hechos que formula conclusiones generales, que ayudan al descubrimiento de temas generalizados y teorías que parten de la observación sistemática de la realidad, formulación de hipótesis basadas en lo experimentado y observado de los elementos de estudio para definir leyes de tipo general.

El método inductivo permitió hacer una recolección de datos de las variables de experimentación en el proyecto.

9.1.3. Técnicas de investigación

- **La observación:** Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

Esa técnica se empleó con la finalidad de identificar las características físico - químicas y sensoriales de la cerveza artesanal.

9.1.4. Instrumentos

- **Ficha de observación:** Tipo de instrumento para conocer la manera como se desarrollan las actividades y los resultados.

Se utilizó para registrar los datos experimentales obtenidos de los diferentes análisis físicos - químicos y sensoriales realizados.

- **Encuesta:** Técnica que permite recopilar información de un total de la población o sobre una parte representativa de la misma que llamaremos muestra.

Este instrumento permitió realizar un análisis sensorial, para determinar la aceptabilidad y preferencia del producto.

9.1.5. Materiales, equipos e insumos

- **Materia prima e insumos**
 - Agua
 - Malta
 - Lúpulo
 - Avena
 - Plantas aromáticas (Cedrón y Hierba luisa)
 - Aguamiel de agave
 - Dextrosa
 - Clarificante (irish moss)
- **Equipos de laboratorio**
 - Potenciómetro
 - Brixómetro
 - Balanza analítica
 - Alcoholímetro
 - Densímetro
 - Probeta (1000 mL)
 - Vasos de precipitación (500 mL)
 - Termómetro

- **Implementos y herramientas**
 - Hornilla eléctrica de dos quemadores
 - Olla de acero inoxidable
 - Batidor manual
 - Colador
 - Balde de plástico
 - Tela lienzo
 - Cuchara
 - Botellas de plástico (6000 mL)
 - Botellas de vidrio (330 mL)
 - Airlock
 - Tapas para botellas de vidrio
 - Tapadora de botellas
 - Embudo
 - Recipientes (2000 mL)
 - Fundas de alar y con cierre hermético de diferente tamaño
- **Equipo de protección personal**
 - Mandil
 - Cofia
 - Mascarilla
- **Equipos y suministro de oficina**
 - Calculadora
 - Flash memory
 - Impresiones
 - Cuaderno
 - Tijera
 - Estilete
 - Paquete de hojas de papel bond
 - Internet
 - Anillados
 - Empastados
 - CD

- Cinta adhesiva
- Silicona

9.1.6. Formulaciones para obtención de cerveza artesanal

Tabla 8. Formulación (%) de la cerveza artesanal para los diferentes tratamientos

Ingrediente	T₁	T₂	T₃	T₄	T₅	T₆	T₇	T₈	
Malta Pilsen					8,99				
Malta Caramelo 50					0,65				
Malta Chocolate					0,05				
Avena					0,64				
Dextrosa					0,85				
Clarificante					0,02				
Agua	80,54				72,32				
Aguamiel	8,21				16,43				
Lúpulo	0,04		0,03		0,04		0,03		
Cedrón	0	0,01	0	0,02	0	0,01	0	0,02	
Hierba luisa	0,01	0	0,02	0	0,01	0	0,02	0	
Total %					100				

Fuente: SECA (Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales) y García, 2015

9.1.7. Descripción de la metodología de la elaboración de cerveza artesanal

Para determinar la formulación de cerveza artesanal se utilizó de base la presentada por SECA (Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales) y la tesis de grado titulada: “Elaboración de cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos andinos” (García, 2015). Además, se realizaron ensayos previos de fermentación con diferentes porcentajes de aguamiel de agave para conocer los efectos generados en el proceso fermentativo. El proceso de elaboración se efectuó en el laboratorio del proyecto de agave de la planta de procesamiento e investigación de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

- **Recepción de materias primas:** En esta etapa se adquiere las maltas, el lúpulo, el aguamiel de agave y las plantas aromáticas, posteriormente se realiza un proceso de acondicionamiento de las materias primas; molienda de maltas, cuyo propósito es romper la cascara del grano (molida gruesa); filtrado y pasteurización del aguamiel de agave a 60 °C por 20 minutos y deshidratación de plantas aromáticas 55 °C por 4 horas.

Fotografía 1. Molido de maltas



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 2. Recepción de aguamiel de agave, filtrado y pasteurizado



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 3. Deshidratado de plantas aromáticas



Fuente: Albán y Caiza, 2020

- **Pesado de más materias primas e insumos:** Según la formulación establecida se pesa las maltas, lúpulo, plantas aromáticas (hierba luisa y cedrón), clarificante (irish moss) y dextrosa. Además, se mide la cantidad requerida de agua y aguamiel de agave.

Fotografía 4. Pesado de materias primas e insumos



Fuente: Albán y Caiza, 2020

- **Maceración:** Se añade la malta molida en un recipiente con agua a temperatura de 65 - 68 °C; en esta etapa es necesario mantener la temperatura constante por 60 minutos, se realiza movimientos circulares para facilitar la extracción de las enzimas contenidas en la malta para la transformación del almidón en azúcares fermentables y generar a mosto espeso, oscuro y dulce.

Fotografía 5. Maceración de maltas



Fuente: Albán y Caiza, 2020

- **Primera filtración:** Proceso realizado con la finalidad de eliminar la materia sólida suspendida y obtener un mosto con menor densidad.

Fotografía 6. Filtración del mosto



Fuente: Albán y Caiza, 2020

- **Cocción:** Con la finalidad de esterilizar el mosto, se somete a ebullición por 60 minutos para agregar el lúpulo y la planta aromática, en tres tiempos; al inicio del hervor para generar amargor, a los 45 minutos para conseguir sabor y a los 55 minutos se añade la planta aromática con el propósito de conseguir características diferentes en el aroma del producto final; en esta etapa se debe agitar constantemente y eliminar la espuma que se forma durante la cocción, de igual manera se adiciona el clarificante (irish moss); 15 minutos antes de finalizar el proceso.

Fotografía 7. Cocción del mosto, adición de lúpulo, plantas aromáticas y clarificante



Fuente: Albán y Caiza, 2020

- **Enfriamiento:** El recipiente que contenga el mosto debe ser sumergido en agua helada para disminuir la temperatura a 25 °C, para evitar la proliferación de microorganismos no deseados.

Fotografía 8. Enfriamiento del mosto



Fuente: Albán y Caiza, 2020

- **Inoculación:** Dependiendo la cantidad de mosto obtenido se añade el 15% de aguamiel de agave en los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ y 30% de aguamiel de agave en los tratamientos T₅, T₆, T₇ y T₈.

Fotografía 9. Inoculación del mosto: Adición de aguamiel de agave



Fuente: Albán y Caiza, 2020

- **Fermentación:** La duración de la fase es de una semana en la cual se toma muestras para desarrollar análisis físico - químicos al inicio (día 0) y al final de la fermentación (día 7). La temperatura de la mezcla del mosto y aguamiel de agave debe alcanzar los 25 °C, para ser transferida al botellón donde se efectuará el proceso fermentativo (se utilizaron botellones de seis litros de capacidad recubiertos para imposibilitar el paso de luz y evitar alteraciones en las características de la cerveza, en las tapas de cada botella se colocaron airlocks para la salida de CO₂ e impedir la entrada de productos contaminantes durante la fermentación).

Fotografía 10. Proceso de fermentación de los diferentes tratamientos



Fuente: Albán y Caiza, 2020

- **Segunda filtración:** Pasado los siete días se eliminan los residuos formados durante el proceso de fermentación (sedimentación de partículas y espuma). En esta etapa se realizó una segunda toma de muestras para análisis físico - químicos.

Fotografía 11. Filtrado y toma de muestras para análisis físico - químicos



Fuente: Albán y Caiza, 2020

- **Envasado y maduración:** La duración de esta etapa es de 14 días. El envasado se realiza en botellas de vidrio color ámbar para evitar los procesos de oxidación y se añade 5 gramos de dextrosa por cada 330 mL de cerveza. En esta fase se toman muestras para realizar análisis físico - químicos en el día 14 y 21 del proceso.

La dextrosa no añade sabores ni aromas adicionales a la cerveza y permite apreciar los sabores de los ingredientes utilizados en la elaboración del producto (Cuellar, 2016) además genera carbonatación, formación de espuma, es 100%

fermentable, tiene un costo accesible y es fácil de conseguir en las tiendas de insumos cerveceros.

Fotografía 12. Envase y maduración de la cerveza artesanal



Fuente: Albán y Caiza, 2020

9.1.8. Análisis sensorial

Terminado el proceso de elaboración de cerveza artesanal con aguamiel de agave y plantas aromáticas y con los valores obtenidos en los análisis físicos - químicos durante el proceso de fermentación se establecieron los dos mejores tratamientos; T_3 ($a_1b_1c_2$) que corresponde al 15% adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, hierba luisa, 30% cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo y T_4 ($a_1b_2b_2$) que corresponde al 15% adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, cedrón, 30% cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo. Se evaluó una muestra control, el primer mejor tratamiento y el segundo mejor tratamiento.

El ensayo de cata del producto se ejecutó con 20 estudiantes no entrenados de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi con edades entre 22 - 25 años; con parámetros de evaluación de color, aroma, dulzor, sabor, astringencia y apreciación global. Se empleó una ficha de análisis sensorial, con una escala no estructurada (Anexos 8 - 9 - 10), los datos obtenidos se evaluaron por el test de Dunnett; que es una comparación múltiple, que contrasta diferentes muestras con un control, para determinar si existe diferencia significativa en los tratamientos testeados y posteriormente se utilizó una escala estructurada con puntaje de 1 a 7 (ISO 2141:1987) para conocer el grado de preferencia del consumidor.

Vargas, Gutiérrez, Ramírez y Onofre (2018), mencionan que las pruebas de evaluación sensorial de tipo afectivo determinan la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de un producto de consumo y se utiliza un mínimo de 20 panelistas no instruidos para establecer si existe diferencia o no entre las tres muestras.

Fotografía 1. Análisis sensorial de la cerveza artesanal



Fuente: Albán y Caiza, 2020

9.1.9. Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza artesanal

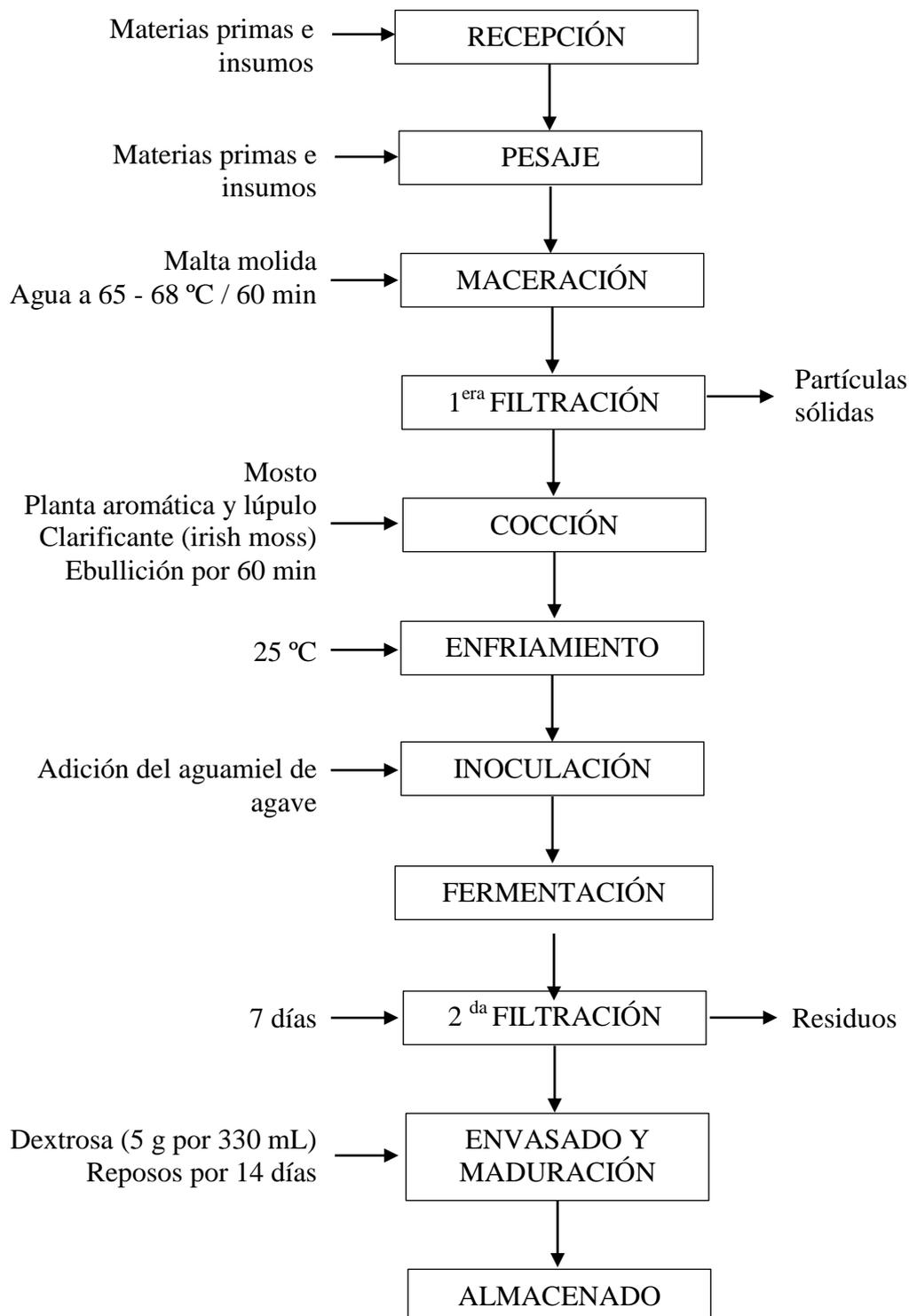


Figura 1. Procedimiento en diagrama de flujo de la elaboración de la cerveza
 Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

9.1.10. Balance de materiales del mejor tratamiento

Las cantidades que se utilizaron son las de la formulación de tratamiento T₃ (15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido; hierba luisa; 30% de cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo)

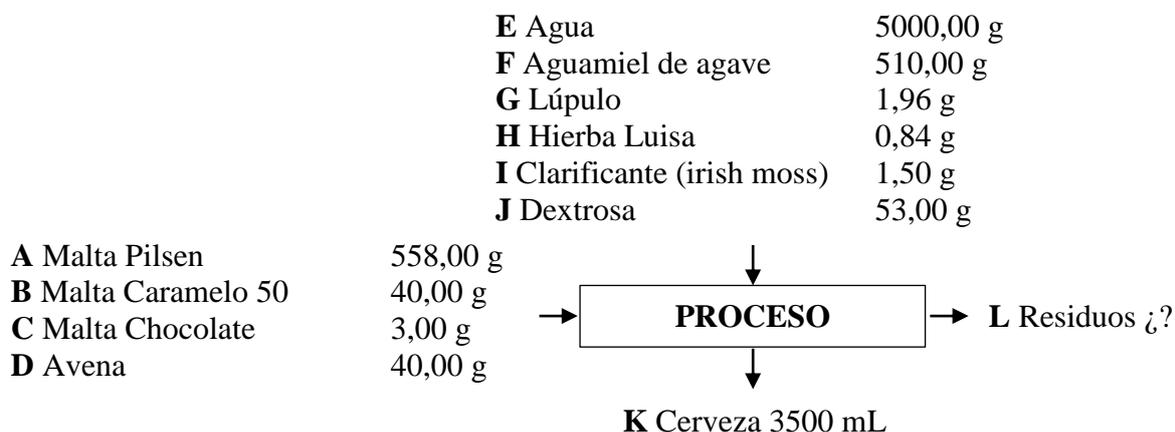


Figura 2. Balance general de materia del mejor tratamiento
Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

- Balance de materiales

$$A + B + C + D + E + F + G + H + I + J = K + L$$

$$558,00 + 40,00 + 3,00 + 40,00 + 5000,00 + 510,00 + 1,96 + 0,80 + 1,50 + 53 = 3500 + L$$

$$6208,30 = 3500 + L$$

$$L = 6208,30 - 3500$$

$$L = 2708,30 \text{ g}$$

- Rendimiento

$$\% \text{ de rendimiento} = (PF / PI) \times 100$$

$$\% \text{ de rendimiento} = (3500,00 / 6208,30) \times 100$$

$$\% \text{ de rendimiento} = 56,38 \%$$

Los procesos de maceración y cocción implican evaporación de agua y se pierde el 32% de líquido de los 5000 mL iniciales de agua. Para el proceso de fermentación se utilizó el 15% de aguamiel de agave que representan 510 mL y en la segunda filtración se pierde 10,49% en masa.

Se obtuvieron 3500 mL de cerveza artesanal, con un rendimiento de 56,38%; consiguiendo el 14,29% más del rendimiento de una cerveza con sus ingredientes

principales (agua, lúpulo, levadura y malta); lo que significa 500 mL más de producto final.

9.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación se realizó mediante un diseño de bloques completamente al azar en arreglo factorial AxBxC con dos repeticiones.

9.2.1. Factores de estudio

Se plantearon tres factores de estudio con dos niveles cada uno:

Tabla 9. Factores de estudio

Factores de estudio	Niveles
<p>Factor A: Adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido.</p>	<p>a₁: 15% a₂: 30%</p>
<p>Factor B: Planta aromática.</p>	<p>b₁: Hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>) b₂: Cedrón (<i>Aloysia citrodora</i>)</p>
<p>Factor C: Cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo.</p>	<p>c₁: 15% c₂: 30%</p>

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

9.2.2. Identificación de las variables dependientes e independientes

Tabla 10. Cuadro de variables

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	
Cerveza artesanal	<p>Factor A: Adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido. Factor B: Planta aromática. Factor C: Cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo.</p>	Características físico-químicas.	pH Acidez % Alcohólico °Brix Turbidez Densidad
		Análisis sensorial.	Color Aroma Dulzor Sabor Astringencia Apreciación global

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

9.2.3. Tratamientos en estudio

Tabla 11. Interacciones entre los factores A x B x C

Repeticiones	N°	Tratamiento	Descripción
I	T ₁	a ₁ b ₁ c ₁	15% aguamiel - hierbaluisa - 15%
	T ₂	a ₁ b ₂ c ₁	15% aguamiel - cedrón - 15%
	T ₃	a ₁ b ₁ c ₂	15% aguamiel- hierba luisa - 30%
	T ₄	a ₁ b ₂ c ₂	15% aguamiel - cedrón - 30%
	T ₅	a ₂ b ₁ c ₁	30% aguamiel - hierba luisa - 15%
	T ₆	a ₂ b ₂ c ₁	30% aguamiel - cedrón - 15%
	T ₇	a ₂ b ₁ c ₂	30% aguamiel - hierba luisa - 30%
	T ₈	a ₂ b ₂ c ₂	30% aguamiel - cedrón - 30%
II	T ₁	a ₁ b ₁ c ₁	15% aguamiel - hierbaluisa - 15%
	T ₂	a ₁ b ₂ c ₁	15% aguamiel - cedrón - 15%
	T ₃	a ₁ b ₁ c ₂	15% aguamiel - hierba luisa - 30%
	T ₄	a ₁ b ₂ c ₂	15% aguamiel - cedrón - 30%
	T ₅	a ₂ b ₁ c ₁	30% aguamiel - hierba luisa - 15%
	T ₆	a ₂ b ₂ c ₁	30% aguamiel - cedrón - 15%
	T ₇	a ₂ b ₁ c ₂	30% aguamiel - hierba luisa - 30%
	T ₈	a ₂ b ₂ c ₂	30% aguamiel - cedrón - 30%

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

9.2.4. Cuadro de ADEVA

Tabla 12. Análisis estadístico

FV	Grados de libertad
FACTOR A	1
FACTOR B	1
FACTO C	1
A x B	1
A x C	1
B x C	1
A x B x C	1
Repeticiones	1
Error Experimental	7
Tratamientos	7
TOTAL	15

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1. Análisis de las variables físico - químicos

Se registraron datos en el día 0, 7, 14 y 21; para evaluar las variaciones físico - químicos (pH, acidez, % alcohólico, °Brix, turbidez y densidad) en el proceso de elaboración de cerveza artesanal con aguamiel de agave y plantas aromáticas.

10.1.1. pH

Tabla 13. Análisis de varianza de pH en el día 0

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	1,02	8	0,13	23,46	0,0002
Factor A	0,86	1	0,86	158,49	<0,0001
Factor B	0,04	1	0,04	8,08	0,0249
Factor C	3,6E-03	1	3,6E-03	0,66	0,4434
Repeticiones	0,08	1	0,08	14,37	0,0068
Factor A*Factor B	0,01	1	0,01	1,83	0,2179
Factor A*Factor C	1,6E-03	1	1,6E-03	0,29	0,6050
Factor B*Factor C	0,02	1	0,02	3,10	0,1218
Factor A*Factor B*Factor C	4,9E-03	1	4,9E-03	0,90	0,3749
Error	0,04	7	0,01	*: significativo	
Total	1,06	15	**: altamente significativo		
C.V.	1,23	C.V.: coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

En el análisis de varianza de la variable pH en el día 0, con los datos obtenidos en la tabla 13, se estableció diferencia significativa debido a que, p valor es $< 0,05$ en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido) y en el factor B (planta aromática) si existe diferencia significativa, pero en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo), p valor es $> 0,05$ no existe diferencia significativa; por lo que se menciona que la concentración de aguamiel y planta aromática influyen en el pH inicial, mientras que la concentración de planta aromática utilizada en sustitución de lúpulo, no afectan el pH inicial. Además, F que corresponde a 23,46 y P que corresponde a 0,0002 el valor de $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en el día 0.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en el pH; por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones, el 1,23% van a salir diferentes y el 98,77% de observaciones serán confiables, es decir tendrán valores iguales.

Tabla 14. Prueba de Tukey para pH en el día 0

Tratamiento	Media	n	E.E		
T ₅	5,70	2	0,05	A	
T ₇	5,74	2	0,05	A	
T ₈	5,87	2	0,05	A	
T ₆	5,89	2	0,05	A	B
T ₁	6,16	2	0,05		B C
T ₄	6,27	2	0,05	B	C
T ₃	6,31	2	0,05		C
T ₂	6,32	2	0,05		C

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 14, de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC, indican que existen 3 mejores tratamientos en la variable pH, siendo los tratamientos T₅ (a₂b₁c₁) con 5,70, T₇ (a₂b₁c₂) con 5,74 y T₈ (a₂b₂c₂) con 5,87; valores que si influyen en relación a los demás tratamientos en el día 0, por lo tanto, existe diferencias en las interacciones entre los factores AxBxC.

Tabla 15. Análisis de varianza de pH en el día 7

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	0,61	8	0,08	3,74	0,0496
Factor A	0,36	1	0,36	17,53	0,0041
Factor B	0,02	1	0,02	0,93	0,3674
Factor C	0,05	1	0,05	2,54	0,1550
Repeticiones	0,02	1	0,02	0,80	0,4014
Factor A*Factor B	0,15	1	0,15	7,18	0,0315
Factor A*Factor C	0,01	1	0,01	0,62	0,4564
Factor B*Factor C	5,1E-04	1	5,1E-04	0,02	0,8792
Factor A*Factor B*Factor C	0,01	1	0,01	0,29	0,6040
Error	0,14	7	0,02		*: significativo
Total	0,75	15			**.: altamente significativo
C.V.	2,89				C.V.: coeficiente de variación

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 15, del análisis de varianza de la variable pH en el día 7, se estableció que existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido) debido a que p valor es $< 0,05$; mientras que en el factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo) no existe diferencia significativa puesto que p valor es $> 0,05$; la concentración de aguamiel, influye en el pH en el día 7, mientras que la planta aromática y concentración de planta aromática utilizadas en sustitución de lúpulo, no afectan significativamente el pH en el día 7. Además, F que corresponde a 3,74 y P que corresponde a 0,0496; el valor de $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en el día 7.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en el pH; por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones, el 2,89% van a salir diferentes y el 97,11% de observaciones serán confiables es decir tendrán valores iguales.

Tabla 16. Prueba de Tukey para pH en el día 7

Tratamiento	Media	n	E.E
T ₄	4,55	2	0,10 A
T ₂	4,77	2	0,10 A B
T ₃	4,86	2	0,10 A B
T ₁	4,98	2	0,10 A B
T ₇	4,98	2	0,10 A B
T ₅	5,07	2	0,10 A B
T ₈	5,13	2	0,10 A B
T ₆	5,16	2	0,10 B

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 16, de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones $A \times B \times C$, indican que el mejor tratamiento es T₄ (a1b2c2), que corresponde al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, cedrón y 30% de sustitución del lúpulo; que presenta un mayor descenso de pH en comparación a los demás tratamientos.

Tabla 17. Análisis de varianza de pH en el día 14

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	0,43	8	0,05	13,41	0,0013
Factor A	0,29	1	0,29	73,46	0,0001
Factor B	0,02	1	0,02	3,75	0,0942
Factor C	3,1E-04	1	3,1E-04	0,08	0,7902
Repeticiones	3,9E-03	1	3,9E-03	0,98	0,3563
Factor A*Factor B	0,09	1	0,09	21,36	0,0024
Factor A*Factor C	0,02	1	0,02	5,43	0,0526
Factor B*Factor C	3,1E-04	1	3,1E-04	0,08	0,7902
Factor A*Factor B*Factor C	0,01	1	0,01	2,14	0,1873
Error	0,03	7	4,0E-03	*: significativo	
Total	0,46	15	**.: altamente significativo		
C.V.	1,32	C.V.: coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

En el análisis de varianza de la variable pH en el día 14 de la tabla 17, se estableció que existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido) debido a que p valor es $< 0,05$; mientras que en el factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo) no existe diferencia significativa puesto que p valor es $> 0,05$; por lo que se menciona que la concentración de aguamiel en el día 14 presenta cambios significativos, mientras que la planta aromática y concentración de planta aromática utilizadas en sustitución de lúpulo no afectan significativamente el pH en el día 14. Además, F que corresponde a 13,41 y P que corresponde a 0,0013; el valor de $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en el pH; por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones, el 1,32% van a salir diferentes y el 98,68% de observaciones serán confiables es decir tendrán valores iguales.

Tabla 18. Prueba de Tukey para pH en el día 14

Tratamiento	Media	N	E.E			
T ₄	4,54	2	0,04 A			
T ₂	4,58	2	0,04 A	B		
T ₃	4,71	2	0,04 A	B	C	
T ₁	4,82	2	0,04	B	C	D
T ₅	4,83	2	0,04	B	C	D
T ₇	4,95	2	0,04		C	D
T ₆	4,97	2	0,04			D
T ₈	4,98	2	0,04			D

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 18 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC, indican que el mejor tratamiento es T₄ (a₁b₂c₂), que corresponde al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, cedrón y 30% de sustitución del lúpulo y tiene efectos escasos de disminución de pH a los 14 días de fermentación.

Tabla 19. Análisis de varianza de pH en el día 21

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	0,35	8	0,04	9,83	0,0034
Factor A	0,23	1	0,23	52,41	0,0002
Factor B	0,01	1	0,01	1,18	0,3127
Factor C	2,8E-03	1	2,8E-03	0,62	0,4567
Repeticiones	1,1E-03	1	1,1E-03	0,24	0,6407
Factor A*Factor B	0,09	1	0,09	21,29	0,0024
Factor A*Factor C	0,01	1	0,01	1,72	0,2306
Factor B*Factor C	7,6E-04	1	7,6E-04	0,17	0,6922
Factor A*Factor B*Factor C	4,6E-03	1	4,6E-03	1,03	0,3449
Error	0,03	7	4,4E-03	*: significativo	
Total	0,38	15	**: altamente significativo		
C.V.	1,40	C.V.: coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 19 del análisis de varianza de la variable pH en el día 21, se estableció que existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido) debido a que p valor es < 0,05; mientras que en el factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo); no existe diferencia significativa puesto que p valor es > 0,05; la concentración de aguamiel influye en el pH en el día 21,

mientras que la planta aromática y concentración de planta aromática utilizadas en sustitución de lúpulo, no afectan significativamente el pH en el día 21. Además, F que corresponde a 9,83 y P que corresponde a 0,0034; el valor de $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en el día 21.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en el pH; por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

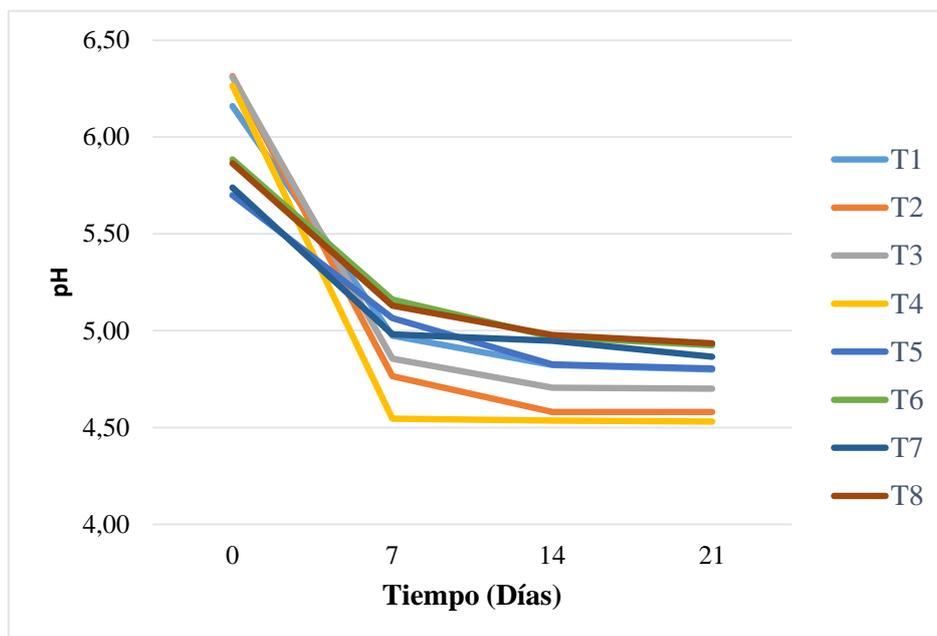
El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones, el 1,40% van a salir diferentes y el 98,60% de observaciones serán confiables es decir tendrán valores iguales.

Tabla 20. Prueba de Tukey para pH en el día 21

Tratamiento	Media	N	E.E	
T ₄	4,53	2	0,05 A	
T ₂	4,58	2	0,05 A	B
T ₃	4,70	2	0,05 A	B
T ₁	4,80	2	0,05 A	B
T ₅	4,81	2	0,05 A	B
T ₇	4,87	2	0,05	B
T ₆	4,93	2	0,05	B
T ₈	4,94	2	0,05	B

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 20 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC, indican que el mejor tratamiento es T₄ (a₁b₂c₂), que corresponde al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, cedrón y 30% de sustitución del lúpulo, lo que significa que los valores de pH del tratamiento ya no presentan cambios significativos y tiende a la estabilización, que indica una finalización del proceso de fermentación en el producto elaborado.

Gráfico 1. Resultado de pH

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

En el gráfico 1, se observa los cambios la variable pH de los diferentes tratamientos en estudio. El descenso de pH con mayores cambios se originó a los 7 días de fermentación a temperatura ambiente; en el día 14 y 21 el pH tendió a estabilizarse en los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄, mientras que los tratamientos T₅, T₆, T₇ y T₈, continuaron un descenso de pH con variaciones mayores a 0,1. El tratamiento T₄ (a₁b₂c₂) que corresponde a: 15% de adición de aguamiel en relación al mosto, cedrón y 30% de planta aromática para sustitución del lúpulo presenta los mejores resultados en este parámetro, con un valor de 4,53.

En conclusión, se observa que en los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ la variable pH está dentro de los parámetros que establece la norma Técnica NTE INEN 2262:2013 en la que se detalla que el pH debe estar entre rangos de 3,5 a 4,8, de igual manera en la norma Nicaragüense NTON 03038-06 los valores están entre 3,0 a 4,8. El pH al final de la cerveza artesanal en un indicador de estabilidad y lecturas extremadamente bajas en la fermentación primaria indican contaminación y se generan cervezas amargas y turbias. El descenso se debe a la transformación de los aminoácidos por pérdida de nitrógeno y por la producción de CO₂ en la fase de fermentación aerobia, además en la fermentación anaerobia a parte de la producción de etanol se producen ácidos orgánicos como ácido láctico, propiónico y pirúvico. (Suarez, 2013)

10.1.2. Acidez

Tabla 21. Análisis de varianza de acidez en el día 0

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	0,01	8	6,5E-04	5,69	0,0167
Factor A	2,5E-03	1	2,5E-03	21,88	0,0023
Factor B	1,6E-03	1	1,6E-03	14,00	0,0072
Factor C	1,0E-04	1	1,0E-04	0,88	0,3807
Repeticiones	4,0E-04	1	4,0E-04	3,50	0,1036
Factor A*Factor B	1,0E-04	1	1,0E-04	0,88	0,3807
Factor A*Factor C	4,0E-04	1	4,0E-04	3,50	0,1036
Factor B*Factor C	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Factor A*Factor B*Factor C	1,0E-04	1	1,0E-04	0,88	0,3807
Error	8,0E-04	7	1,1E-04	*: significativo	
Total	0,01	15	**: altamente significativo		
C.V.	8,91	C.V.: coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 21 del análisis de varianza de la variable acidez en el día 0, se estableció que existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido) y factor B (planta aromática) debido a que p valor es $< 0,05$; mientras que en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo) no existe diferencia significativa puesto que p valor es $> 0,05$; la cantidad de aguamiel y tipo de planta influye en la acidez del día 0 de la cerveza artesanal, pero la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo, no altera este parámetro en el día 0. Además, F que corresponde a 5,69 y P que corresponde a 0,0167; el valor de $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en el día 0.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la acidez por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones, el 8,91% van a salir diferentes y el 91,09% de observaciones serán confiables es decir tendrán valores iguales.

Tabla 22. Prueba de Tukey para acidez en el día 0

Tratamiento	Media	n	E.E	
T ₈	0,09	2	0,01 A	
T ₇	0,11	2	0,01 A	B
T ₆	0,11	2	0,01 A	B
T ₂	0,12	2	0,01 A	B
T ₅	0,12	2	0,01 A	B
T ₄	0,13	2	0,01 A	B
T ₁	0,15	2	0,01	B
T ₃	0,15	2	0,01	B

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 22 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC, indican que el mejor tratamiento es T₈ (a₂b₂c₂) en el día 0, que corresponde al 30% de concentración de aguamiel en relación al mosto, cedrón y 30% de sustitución del lúpulo, los valores de acidez del tratamiento presentan diferencia significativa a comparación con los tratamientos T₁ (a₁b₁c₁) y T₃ (a₁b₁c₂). La cantidad de aguamiel de agave y tipo de planta aromática utilizada afectan este parámetro en el día 0.

Tabla 23. Análisis de varianza de acidez en el día 7

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	0,01	8	6,6E-04	1,51	0,3008
Factor A	1,2E-03	1	1,2E-03	2,79	0,1389
Factor B	1,6E-03	1	1,6E-03	3,64	0,0980
Factor C	2,5E-05	1	2,5E-05	0,06	0,8183
Repeticiones	1,2E-03	1	1,2E-03	2,79	0,1389
Factor A*Factor B	1,0E-04	1	1,0E-04	0,23	0,6478
Factor A*Factor C	2,3E-04	1	2,3E-04	0,51	0,4974
Factor B*Factor C	9,0E-04	1	9,0E-04	2,05	0,1954
Factor A*Factor B*Factor C	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	3,1E-03	7	4,4E-04	*: significativo	
Total	0,01	15	**: altamente significativo		
C.V.	8,26	C.V.: coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 23 del análisis de varianza de la variable acidez en el día 7, se estableció que no existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), factor B (planta aromática) y factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo)

debido a que p valor es $> 0,05$; la cantidad de aguamiel, el tipo y la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo no influyen significativamente en el día 7; por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa en el día 7.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la acidez por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones, el 8,26% van a salir diferentes y el 91,74% de observaciones serán confiables es decir tendrán valores iguales.

Tabla 24. Prueba de Tukey para acidez en el día 7

Tratamiento	Media	n	E.E
T ₁	0,23	2	0,01 A
T ₅	0,25	2	0,01 A
T ₄	0,25	2	0,01 A
T ₃	0,25	2	0,01 A
T ₇	0,26	2	0,01 A
T ₂	0,26	2	0,01 A
T ₈	0,27	2	0,01 A
T ₆	0,29	2	0,01 A

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 24 de la variable acidez en el día 7, en las interacciones de los factores $A \times B \times C$, se observa que el mejor tratamiento es T₁ ($a_1 b_1 c_1$), que corresponde al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 15% de sustitución del lúpulo, no presenta influencia en los demás tratamientos; por lo tanto, no existe diferencia en las interacciones de los factores.

Tabla 25. Análisis de varianza de acidez en el día 14

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	0,01	8	8,3E-04	4,50	0,0312
Factor A	1,8E-03	1	1,8E-03	9,77	0,0167
Factor B	6,3E-06	1	6,3E-06	0,03	0,8593
Factor C	2,8E-03	1	2,8E-03	14,91	0,0062
Repeticiones	5,6E-05	1	5,6E-05	0,30	0,5983
Factor A*Factor B	1,6E-04	1	1,6E-04	0,85	0,3884
Factor A*Factor C	3,1E-04	1	3,1E-04	1,66	0,2389
Factor B*Factor C	1,6E-04	1	1,6E-04	0,85	0,3884
Factor A*Factor B*Factor C	1,4E-03	1	1,4E-03	7,61	0,0282
Error	1,3E-03	7	1,8E-04	*: significativo	
Total	0,01	15	**: altamente significativo		
C.V.	4,43	C.V.: coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Con los resultados obtenidos en la tabla 25 del análisis de varianza de la variable acidez en el día 14, se estableció que existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido) y factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo) dado que p valor es $< 0,05$, pero en el factor B (planta aromática) no existe diferencia significativa ya que p valor $> 0,05$; por lo consiguiente la cantidad de aguamiel y la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo influyen significativamente la acidez en el día 14; mientras que el tipo de planta no genera cambios de acidez en el día 14. Además, F que corresponde a 4,50 y P a 0,0312, el valor $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en el día 14.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la acidez por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones, el 4,43% van a salir diferentes y el 95,57% de observaciones serán confiables es decir tendrán valores iguales.

Tabla 26. Prueba de Tukey para acidez en el día 14

Tratamiento	Media	N	E.E			
T ₃	0,29	2	0,01 A			
T ₈	0,29	2	0,01 A	B		
T ₄	0,29	2	0,01	B		
T ₂	0,30	2	0,01	B	C	
T ₇	0,31	2	0,01	B	C	D
T ₁	0,32	2	0,01	B	C	D
T ₅	0,32	2	0,01	C		D
T ₆	0,35	2	0,01	D		

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 26 de la variable acidez en el día 14, en las interacciones de los factores AxBxC, se observa que el mejor tratamiento es T₃ (a₁b₁c₂), que corresponde al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de sustitución del lúpulo, por lo tanto, representa influencia en los demás tratamientos y existe diferencia en las interacciones entre los factores.

Tabla 27. Análisis de varianza de acidez en el día 21

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	0,03	8	3,3E-03	8,83	0,0047
Factor A	0,02	1	0,02	61,17	0,0001
Factor B	6,2E-04	1	6,2E-04	1,70	0,2336
Factor C	4,0E-04	1	4,0E-04	1,09	0,3317
Repeticiones	2,5E-05	1	2,5E-05	0,07	0,8018
Factor A*Factor B	9,0E-04	1	9,0E-04	2,45	0,1618
Factor A*Factor C	2,2E-04	1	2,2E-04	0,61	0,4598
Factor B*Factor C	1,0E-04	1	1,0E-04	0,27	0,6182
Factor A*Factor B*Factor C	1,2E-03	1	1,2E-03	3,33	0,1108
Error	2,6E-03	7	3,7E-04	*: significativo	
Total	0,03	15	**: altamente significativo		
C.V.	5,70	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 27 del análisis de varianza de la variable acidez en el día 21, permitió establecer que existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido) ya que p valor es < 0,05, pero en el factor B (planta aromática) y factor C (cantidad de planta aromática para sustitución

parcial del lúpulo) no existe diferencia significativa ya que p valor $> 0,05$; por lo consiguiente la cantidad de aguamiel influye significativamente la acidez en el día 21; mientras que el tipo y la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo, no genera cambios de acidez en el día 21. Además, F que corresponde a 8,83 y P a 0,0047, el valor $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en el día 21.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la acidez por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

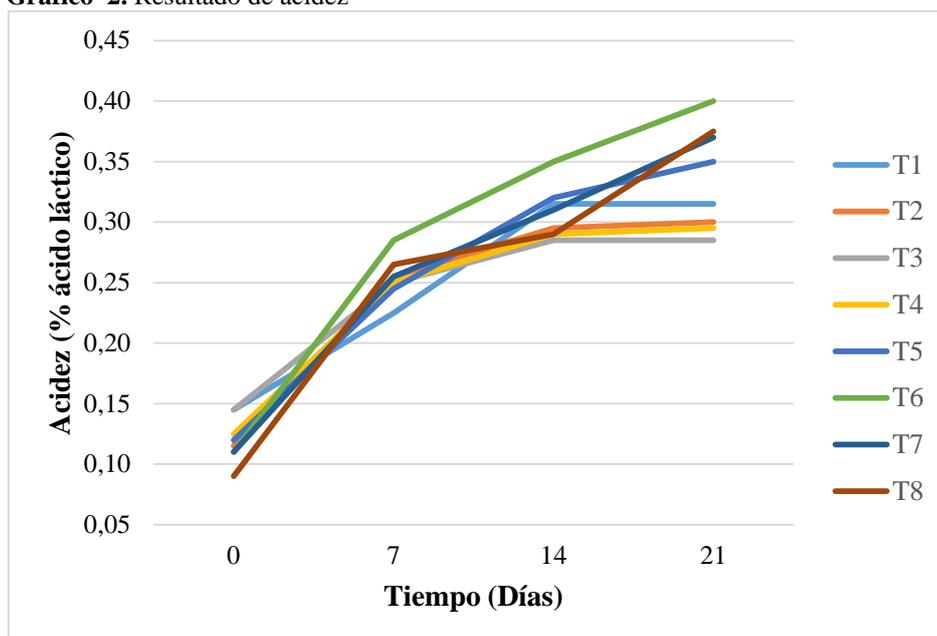
El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones, el 5,70% van a salir diferentes y el 94,30% de observaciones serán confiables es decir tendrán valores iguales.

Tabla 28. Prueba de Tukey para acidez en el día 21

Tratamiento	Media	N	E.E				
T ₃	0,29	2	0,01	A			
T ₄	0,30	2	0,01	A	B		
T ₂	0,30	2	0,01	A	B	C	
T ₁	0,32	2	0,01		B	C	D
T ₅	0,35	2	0,01			C	D
T ₇	0,37	2	0,01			C	D
T ₈	0,38	2	0,01			C	D
T ₆	0,40	2	0,01				D

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 28 de la variable acidez en el día 21, en las interacciones de los factores $A \times B \times C$, se observa que el mejor tratamiento es T₃ ($a_1b_1c_2$), que corresponde al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de sustitución del lúpulo, el tratamiento representa influencia en los demás tratamientos y existe diferencia en las interacciones entre los factores.

Gráfico 2. Resultado de acidez

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

En el gráfico 2, se observa los cambios la variable acidez expresada como ácido láctico de los diferentes tratamientos en estudio. El ascenso de acidez del día 0 al día 7 es más notable en todos los tratamientos; los cambios ocurridos en el día 14 y 21 tienen menor incidencia de ascenso del parámetro evaluado. El tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$), que corresponde a: 15% de adición de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de planta aromática para sustitución del lúpulo presenta los mejores resultados en este parámetro con un valor de 0,29% de ácido expresado en ácido láctico y es el valor menor en comparación con el tratamiento T_6 ($a_2b_2c_1$) que presenta un valor de 0,40% de ácido expresado en ácido láctico. Panda, Swain, Ray y Kayitesi (2015) (citado en Tirado y Zalazar, 2018); indican que, la acidez en la cerveza se debe a que la fermentación alcohólica es un proceso bioquímico complejo en el que el aumento de acidez se atribuye a una serie de conversiones que ocurren en el medio, las levaduras responsables del proceso fermentativo tienen la función de excretar nucleótidos, ácidos orgánicos y dióxido de carbono, el cual aumenta la acidez de la cerveza.

En conclusión, la acidez del tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) en el día 14 y 21 se estabilizaron y los datos no se alteraron, al poseer 0,29% de ácido expresado en ácido láctico, se encuentra dentro de la norma Técnica NTE INEN 2262:2013, puesto que la acidez total expresada como ácido láctico no debe superar el 0,30%; de la misma manera los

tratamientos T₂ (a₁b₂c₁) y T₄ (a₁b₂c₂), que presentan 0,30% de ácido expresado en ácido láctico.

Investigaciones similares de Terán (2017) en la evaluación de la utilización de amaranto para la elaboración de cerveza artesanal obtuvo un valor de 0,30%, mientras que Bandonill y Sánchez (2004) quienes investigaron el efecto de sustituir arroz (*Oryza sativa L.*) germinado y sin germinar en el proceso de elaboración de cerveza, los resultados finales fueron menores a 0,22 y 0,24% (m/m). La acidez de los tratamientos se ve influenciada por los niveles de los factores A y C, utilizados para los casos de estudio; ya que la cantidad de aguamiel de agave utilizada en relación al mosto y el porcentaje de la planta para sustituir parcialmente el lúpulo, influyen en la acidificación de la cerveza artesanal. Además, el pH está directamente relacionado con la acidez. Fuentes y Fuentes (2014) (citado en Tirado y Zalazar, 2018) mencionan que los valores de pH menores a 3,5 produce acidez y valores mayores de 4,8 provoca la activación de microorganismos, por lo que es importante evitar la activación de agentes patógenos para obtener el sabor característico de la cerveza y libre de agentes que causen alteraciones en el proceso de elaboración.

10.1.3. % Alcohólico

El % alcohólico de todos los tratamientos inicialmente fue 0, durante el proceso de fermentación a partir del día 7, fue posible tomar datos de este parámetro, ya que los azúcares contenidos en el mosto se transformaron en alcohol; posteriormente las mediciones en los días 14 y 21 no se alteraron y se mantuvieron constantes.

Tabla 29. Análisis de varianza de % alcohólico

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	34,25	8	4,28	6,31	0,0126
Factor A	6,25	1	6,25	9,21	0,0190
Factor B	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Factor C	9,00	1	9,00	13,26	0,0083
Repeticiones	0,25	1	0,25	0,37	0,5630
Factor A*Factor B	6,25	1	6,25	9,21	0,0190
Factor A*Factor C	0,25	1	0,25	0,37	0,5630
Factor B*Factor C	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Factor A*Factor B*Factor C	12,25	1	12,25	18,05	0,0038
Error	4,75	7	0,68	*: significativo	
Total	39,00	15	**: altamente significativo		
C.V.	14,33	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Con los resultados obtenidos en la tabla 29 del análisis de varianza de la variable % alcohólico, se estableció que existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo), puesto que p valor es $< 0,05$, pero en el factor B (planta aromática) no existe diferencia significativa ya que p valor $> 0,05$; por lo consiguiente la cantidad de aguamiel y la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo, influyen significativamente en el % alcohólico; mientras que el tipo de planta no genera cambios en el % alcohólico. Además, F que corresponde a 6,31 y P a 0,0126, el valor $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en el % alcohólico por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

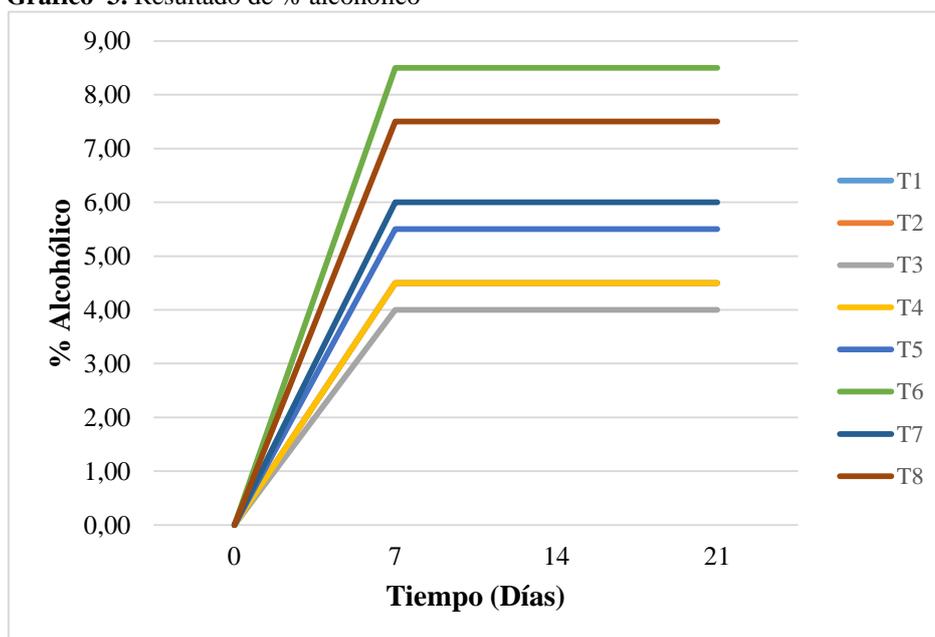
El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones, el 14,33% van a salir diferentes y el 85,67% de observaciones serán confiables, es decir tendrán valores iguales.

Tabla 30. Prueba de Tukey para % alcohólico

Tratamiento	Media	N	E.E			
T ₃	4,00	2	0,58	A		
T ₄	4,50	2	0,58	A	B	
T ₂	4,50	2	0,58	A	B	
T ₁	5,50	2	0,58	A	B	C
T ₅	5,50	2	0,58	A	B	C
T ₇	6,00	2	0,58	A	B	C
T ₈	7,50	2	0,58		B	C
T ₆	8,50	2	0,58			C

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 30 de la variable del % alcohólico, en las interacciones de los factores AxBxC, se observa que el mejor tratamiento es T₃ (a₁b₁c₂), que corresponde a que corresponde al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de sustitución del lúpulo, el tratamiento representa influencia en los demás tratamientos y existe diferencia de las interacciones entre los factores.

Gráfico 3. Resultado de % alcohólico

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

En el gráfico 3, se observa los cambios de la variable de % alcohólico, el alcohol se originó a partir del día 0 al día 7, posteriormente las lecturas de este parámetro se mantuvieron constantes. El tratamiento T₃ (a₁b₁c₂), que corresponde a: 15% de adición de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de planta aromática para sustitución del lúpulo presenta los mejores resultados en el parámetro de % alcohólico.

Suárez (2013) afirma que cuanto más denso sea el mosto, mayor alcohol tendrá la cerveza y cuando menos denso sea el mosto el contenido alcohólico será menor, por ende, el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂), se vio influenciado por la densidad, con un contenido de 4% y densidad de 1,012 g/mL; mientras que tratamiento T₆ (a₂b₂c₁), alcanzó 8,5% de alcohol y su densidad es de 1,021 g/mL. La norma Técnica NTE INEN 2262:2013 indica que los rangos de % de alcohol oscilan entre 1,00 a 10,00; de la misma manera en la norma nicaragüense NTON 03 038 - 06 presenta valores de 0 a 12,00; con dos puntos más que en la norma ecuatoriana. Por lo que todos los tratamientos en estudio se encuentran dentro de la normativa.

En conclusión, la cerveza que se elaboró fue de tipo Scottish Export y en la guía BJCP (Beer Judge Certification Program) de Strong y England (2015), para cervezas artesanales de este tipo, se admite que el % de alcohol se encuentre en el rango 3,90 a 6,00; por lo que el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂), sigue considerado como el mejor, seguido de los tratamientos T₄, T₂, T₁, T₅ y T₇; con valores de 4,50; 4,50; 5,50; 5,50 y 6,00 respectivamente, mientras que los tratamientos T₆ (a₂b₂c₁) y T₈ (a₂b₂c₂) están fuera del parámetro establecido.

10.1.4. °Brix

Tabla 31. Análisis de varianza de °Brix en el día 0

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	8,45	8	1,06	2,63	0,1101
Factor A	0,05	1	0,05	0,12	0,7416
Factor B	0,68	1	0,68	1,70	0,2330
Factor C	0,12	1	0,12	0,30	0,6006
Repeticiones	6,85	1	6,85	17,05	0,0044
Factor A*Factor B	0,55	1	0,55	1,37	0,2798
Factor A*Factor C	0,08	1	0,08	0,20	0,6693
Factor B*Factor C	7,6E-04	1	7,6E-04	1,9E-03	0,9666
Factor A*Factor B*Factor C	0,12	1	0,12	0,29	0,6058
Error	2,81	7	0,40	*: significativo	
Total	11,27	15	**: altamente significativo		
C.V.	6,03	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Con los resultados obtenidos en la tabla 31 del análisis de varianza de la variable °Brix en el día 0, se estableció que no existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo), dado que $p > 0,05$; por lo consiguiente la cantidad de aguamiel, el tipo de planta y la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo, no generan cambios sobre los °Brix iniciales, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa en el día 0.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en los °Brix por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones el 6,03% van a salir diferentes y el 93,97% de observaciones serán confiables, es decir tendrán valores iguales.

Tabla 32. Prueba de Tukey para °Brix en el día 0

Tratamiento	Media	N	E.E
T ₂	11,10	2	0,45 A
T ₈	10,65	2	0,45 A
T ₅	10,64	2	0,45 A
T ₄	10,60	2	0,45 A
T ₆	10,53	2	0,45 A
T ₇	10,45	2	0,45 A
T ₁	10,13	2	0,45 A
T ₃	10,00	2	0,45 A

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 32 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC, indican que el mejor tratamiento en la variable de °Brix, en el día 0, es el tratamiento T₂ (a₁b₂c₁) con 11,10 que corresponden al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, cedrón y 15% de sustitución del lúpulo, no presenta influencia en los demás tratamientos, por lo tanto, no existe diferencia en las interacciones de los factores.

Tabla 33. Análisis de varianza de °Brix en el día 7

F.V.	S.C.	G. L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	6,32	8	0,79	2,20	0,1577
Factor A	0,48	1	0,48	1,34	0,2842
Factor B	0,22	1	0,22	0,61	0,4587
Factor C	0,01	1	0,01	0,03	0,8785
Repeticiones	3,26	1	3,26	9,07	0,0196
Factor A*Factor B	0,01	1	0,01	0,02	0,8976
Factor A*Factor C	1,55	1	1,55	4,31	0,0764
Factor B*Factor C	0,61	1	0,61	1,69	0,2343
Factor A*Factor B*Factor C	0,18	1	0,18	0,51	0,4963
Error	2,51	7	0,36	*: significativo	
Total	8,84	15	**: altamente significativo		
C.V.	8,20	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 33 del análisis de varianza de la variable °Brix en el día 7, se estableció que no existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo), dado que $p \text{ valor} > 0,05$; por lo consiguiente la cantidad de aguamiel, el tipo de planta y la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo no altera este parámetro en el día 7, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en el °Brix, por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones el 8,20% van a salir diferentes y el 91,80% de observaciones serán confiables es decir tendrán valores iguales.

Tabla 34. Prueba de Tukey para °Brix en el día 7

Tratamiento	Media	n	E.E
T ₈	6,75	2	0,42 A
T ₂	6,80	2	0,42 A
T ₁	6,90	2	0,42 A
T ₄	7,20	2	0,42 A
T ₇	7,55	2	0,42 A
T ₅	7,62	2	0,42 A
T ₃	7,65	2	0,42 A
T ₆	8,03	2	0,42 A

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 34 de la variable de °Brix del día 7, en las interacciones de los factores AxBxC, se observa que el mejor tratamiento es T₈ (a₂b₂c₂), que corresponde al 30% de concentración de aguamiel en relación al mosto, cedrón y 30% de sustitución del lúpulo y no presenta influencia en los demás tratamientos, por lo tanto, no existe diferencia en las interacciones de los factores.

Tabla 35. Análisis de varianza de °Brix en el día 14

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	5,22	8	0,65	2,02	0,1844
Factor A	0,01	1	0,01	0,02	0,8920
Factor B	0,45	1	0,45	1,39	0,2768
Factor C	0,05	1	0,05	0,16	0,7039
Repeticiones	3,46	1	3,46	10,72	0,0136
Factor A*Factor B	0,02	1	0,02	0,06	0,8124
Factor A*Factor C	0,91	1	0,91	2,83	0,1367
Factor B*Factor C	0,31	1	0,31	0,95	0,3612
Factor A*Factor B*Factor C	0,02	1	0,02	0,06	0,8190
Error	2,26	7	0,32	*: significativo	
Total	7,48	15	**: altamente significativo		
C.V.	8,04	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Según los resultados obtenidos en la tabla 35 del análisis de varianza de la variable de °Brix en el día 14, se estableció que en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo), no existe diferencia significativa dado que p valor > 0,05; por lo tanto la cantidad de aguamiel, el tipo de planta y la

cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo, no genera cambios en los °Brix en el día 14. Los valores obtenidos permiten establecer que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en los °Brix por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones el 8,04% van a salir diferentes y el 91,96% de observaciones serán confiables, es decir tendrán valores iguales.

Tabla 36. Prueba de Tukey para °Brix en el día 14

Tratamiento	Media	n	E.E
T ₃	7,65	2	0,40 A
T ₅	7,37	2	0,40 A
T ₇	7,22	2	0,40 A
T ₆	7,18	2	0,40 A
T ₄	7,04	2	0,40 A
T ₂	6,80	2	0,40 A
T ₁	6,72	2	0,40 A
T ₈	6,60	2	0,40 A

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 36 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC, indican que el mejor tratamiento de la variable de °Brix, en el día 14, es el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) con 7,65 que corresponden al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de sustitución del lúpulo, no presenta influencia en los demás tratamientos, es decir, no existe diferencia en las interacciones de los factores.

Tabla 37. Análisis de varianza de °Brix en el día 21

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	7,12	8	0,89	2,53	0,1194
Factor A	1,27	1	1,27	3,60	0,0997
Factor B	0,29	1	0,29	0,83	0,3929
Factor C	0,46	1	0,46	1,30	0,2925
Repeticiones	4,58	1	4,58	13,02	0,0086
Factor A*Factor B	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Factor A*Factor C	0,25	1	0,25	0,70	0,4315
Factor B*Factor C	0,18	1	0,18	0,53	0,4920
Factor A*Factor B*Factor C	0,10	1	0,10	0,27	0,6173
Error	2,46	7	0,35	*: significativo	
Total	9,58	15	**: altamente significativo		
C.V.	8,78	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 37 del análisis de varianza de la variable de °Brix en el día 21, se estableció que en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), el factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo), no existe diferencia significativa puesto que p valor es $> 0,05$; la concentración de aguamiel, la planta aromática y concentración de planta aromática utilizadas en sustitución parcial de lúpulo, no afectan significativamente el los °Brix en el día 21, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en el °Brix; por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

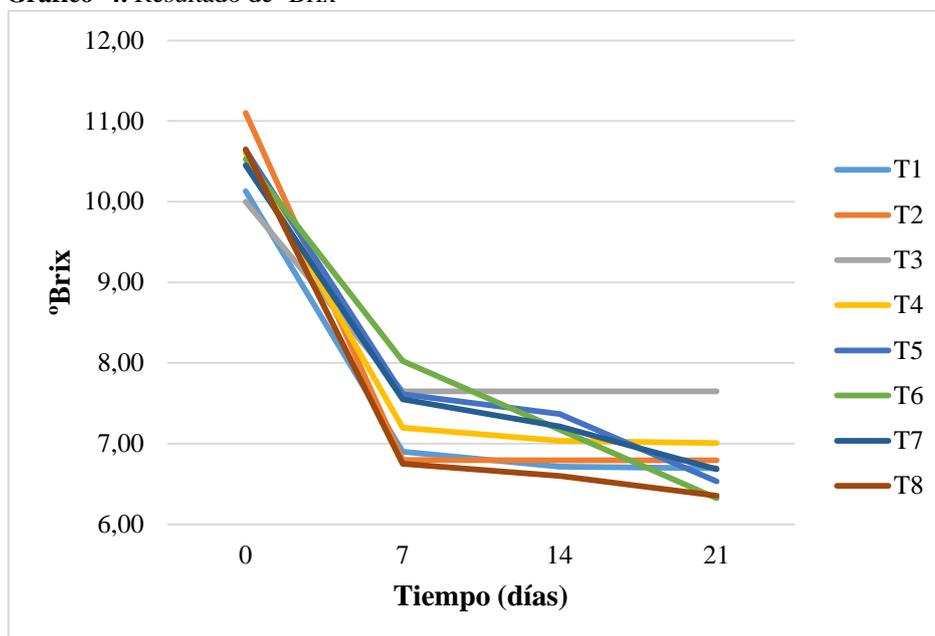
El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones el 8,78% van a salir diferentes y el 91,22% de observaciones serán confiables, es decir tendrán valores iguales.

Tabla 38. Prueba de Tukey para °Brix en el día 21

Tratamiento	Media	N	E.E
T ₃	7,65	2	0,42 A
T ₄	7,01	2	0,42 A
T ₂	6,80	2	0,42 A
T ₁	6,70	2	0,42 A
T ₇	6,69	2	0,42 A
T ₅	6,54	2	0,42 A
T ₈	6,36	2	0,42 A
T ₆	6,33	2	0,42 A

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Según los resultados obtenidos en la tabla 38 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC, en la variable de °Brix en el día 21, señalan que el mejor tratamiento es el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) con 7,65 que corresponden al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de sustitución del lúpulo, no presenta influencia en los demás tratamientos, es decir, no existe diferencia en las interacciones de los factores.

Gráfico 4. Resultado de °Brix

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

En el gráfico 4, se observa los cambios de la variable de °Brix de los diferentes tratamientos en estudio. El descenso de °Brix durante los 7 primeros días de fermentación es más notable en todos los tratamientos; mientras que en el día 14 y 21

los °Brix se estabilizaron en los tratamientos T₂ y T₃, en los otros tratamientos T₁ y T₄ los cambios son poco notables, mientras que en los tratamientos T₅, T₆, T₇ y T₈ producen alteraciones descendentes prolongadas en el lapso de estos días. La cantidad de aguamiel que se utilizó para tratamientos T₅, T₆, T₇ y T₈; pudo afectar los cambios en los °Brix puesto que posee un mayor número de microorganismos, entre ellos están los de género *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Pediococcus* que son resistentes al lúpulo; al ser bacterias lácticas heterofermentativas obligadas, transforman los azúcares en CO₂, ácido acético y ácido láctico; además causan alteraciones sensoriales y deterioro en la cerveza. (Pardo, 2017).

El tratamiento T₃ (a₁b₁c₂), que corresponde a: 15% de adición de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de planta aromática para sustitución del lúpulo presenta los mejores resultados de °Brix durante la elaboración de cerveza artesanal.

González (2017), indica que descenso del azúcar durante la fermentación depende de variables como la calidad de la levadura, pH del macerado, composición del mosto y temperatura y de eso depende la producción de alcohol. En conclusión, en el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂), el consumo de azúcar es menor, en comparación con los demás tratamientos en estudio, ya que al restar los °Brix del día 0 (10,00) de los °Brix del día 21 (7,65), el consumo de azúcar es de 2,35; es decir a menor consumo de azúcar menor % alcohólico.

10.1.5. Turbidez

Tabla 39. Análisis de varianza de turbidez en el día 0

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	34356,00	8	4294,50	22,01	0,0003
Factor A	28476,56	1	28476,56	145,93	<0,0001
Factor B	2626,56	1	2626,56	13,46	0,0080
Factor C	451,56	1	451,56	2,31	0,1720
Repeticiones	297,56	1	297,56	1,52	0,2567
Factor A*Factor B	1501,56	1	1501,56	7,70	0,0275
Factor A*Factor C	150,06	1	150,06	0,77	0,4096
Factor B*Factor C	663,06	1	663,06	3,40	0,1078
Factor A*Factor B*Factor C	189,06	1	189,06	0,97	0,3577
Error	1365,94	7	195,13	*: significativo	
Total	35721,94	15	**: altamente significativo		
C.V.	1,56	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

En el análisis de varianza de la variable de turbidez en el día 0 con los datos obtenidos en la tabla 39, se estableció que si existe diferencia significativa debido a que p valor es $< 0,05$ en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), en el factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo); por lo que se menciona que la concentración de aguamiel de agave, planta aromática y la concentración de planta aromática en sustitución del lúpulo, influyen en la turbidez inicial. Además, F que corresponde a 22,01 y P que corresponde a 0,003, el valor de $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en el día 0.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la turbidez; por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones el 1,56% van a salir diferentes y el 98,44% de observaciones serán confiables, es decir tendrán valores iguales.

Tabla 40. Prueba de Tukey para turbidez en el día 0

Tratamiento	Media	n	E.E			
T ₆	832,00	2	9,88	A		
T ₇	855,00	2	9,88	A	B	
T ₅	858,00	2	9,88	A	B	
T ₈	868,50	2	9,88	A	B	C
T ₂	910,00	2	9,88		B	C D
T ₄	920,50	2	9,88			C D
T ₃	959,50	2	9,88			D
T ₁	961,00	2	9,88			D

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 40 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC en el día 0, indican que el mejor tratamiento es T₆ (a₂b₂c₁), que corresponde al 30% de concentración de aguamiel en relación al mosto, cedrón y 15% de sustitución del lúpulo; el tratamiento representa influencia en los demás tratamientos y existe diferencia de las interacciones entre los factores.

Tabla 41. Análisis de varianza de turbidez en el día 7

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	26540,50	8	3317,56	1,47	0,3117
Factor A	68,06	1	68,06	0,03	0,8669
Factor B	6280,56	1	6280,56	2,79	0,1389
Factor C	588,06	1	588,06	0,26	0,6252
Repeticiones	68,06	1	68,06	0,03	0,8669
Factor A*Factor B	45,56	1	45,56	0,02	0,8909
Factor A*Factor C	13514,06	1	13514,06	6,00	0,0442
Factor B*Factor C	5890,56	1	5890,56	2,61	0,1499
Factor A*Factor B*Factor C	85,56	1	85,56	0,04	0,8510
Error	15772,44	7	2253,21	*: significativo	
Total	42312,94	15	**: altamente significativo		
C.V.	7,91	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Con los resultados obtenidos en la tabla 41 del análisis de varianza de la variable de turbidez en el día 7, se estableció que no existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo), dado que p valor $> 0,05$; por consiguiente la cantidad de aguamiel, el tipo de planta y la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo no generan cambios sobre la turbidez en el día 7, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa en el día 7.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la turbidez por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones el 7,91% van a salir diferentes y el 92,07% de observaciones serán confiables es decir tendrán valores iguales.

Tabla 42. Prueba de Tukey para turbidez en el día 7

Tratamiento	Media	N	E.E
T ₁	536,00	2	33,56 A
T ₇	561,50	2	33,56 A
T ₈	564,00	2	33,56 A
T ₅	598,00	2	33,56 A
T ₂	622,00	2	33,56 A
T ₄	625,00	2	33,56 A
T ₃	625,00	2	33,56 A
T ₆	668,00	2	33,56 A

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Según los resultados obtenidos en la tabla 42 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC, en la variable de turbidez en el día 14, señalan que el mejor tratamiento es T₁ (a₂b₁c₂) con 561,50 NTU de turbidez, que corresponden al 30% de concentración de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de sustitución del lúpulo, no presenta influencia en los demás tratamientos, es decir, no existe diferencia en las interacciones de los factores.

Tabla 43. Análisis de varianza de turbidez en el día 14 y 21

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	26540,50	8	3317,56	1,47	0,3117
Factor A	68,06	1	68,06	0,03	0,8669
Factor B	6280,56	1	6280,56	2,79	0,1389
Factor C	588,06	1	588,06	0,26	0,6252
Repeticiones	68,06	1	68,06	0,03	0,8669
Factor A*Factor B	45,56	1	45,56	0,02	0,8909
Factor A*Factor C	13514,06	1	13514,06	6,00	0,0442
Factor B*Factor C	5890,56	1	5890,56	2,61	0,1499
Factor A*Factor B*Factor C	85,56	1	85,56	0,04	0,8510
Error	15772,44	7	2748,71	*: significativo	
Total	42312,94	15	**: altamente significativo		
C.V.	8,33	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 43 del análisis de varianza de la variable de turbidez en los días 14 y 21, los datos se mantuvieron constantes, se estableció que en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), el factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática

para sustitución parcial del lúpulo), no existe diferencia significativa puesto que p valor es $> 0,05$; la concentración de aguamiel de agave, la planta aromática y concentración de planta aromática utilizadas en sustitución de lúpulo, no afectan significativamente en la turbidez en los días 14 y 21; por lo que se la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa en los días 14 y 21.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la turbidez por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

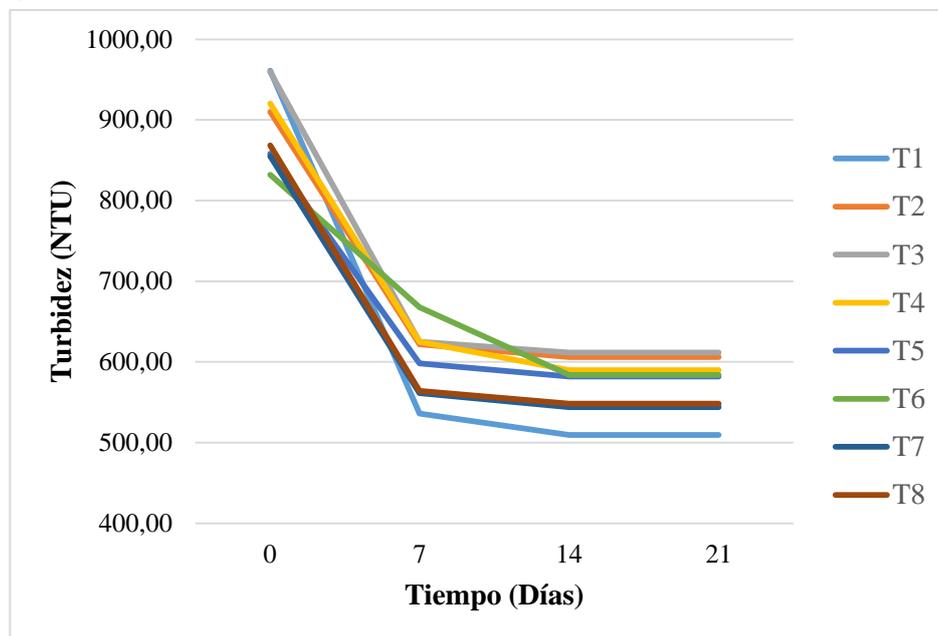
El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones el 8,33% van a salir diferentes y el 91,67% de observaciones serán confiables, es decir tendrán valores iguales.

Tabla 44. Prueba de Tukey para turbidez en el día 14 y 21

Tratamiento	Media	N	E.E
T ₃	611,50	2	33,68 A
T ₂	606,00	2	33,68 A
T ₄	590,00	2	33,68 A
T ₆	584,00	2	33,68 A
T ₅	582,00	2	33,68 A
T ₈	548,50	2	33,68 A
T ₇	544,00	2	33,68 A
T ₁	509,50	2	33,68 A

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 44 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones $A \times B \times C$, en la variable turbidez en los días 14 y 21, el mejor tratamiento es T₃ ($a_1 b_1 c_2$) con 611,50 NTU que corresponden al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de sustitución del lúpulo, no presenta influencia en los demás tratamientos y no existe diferencia en las interacciones de los factores.

Gráfico 5. Resultado de turbidez

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

En el gráfico 5, se observa los cambios que se producen entre los días 0, 7, 14 y 21 en la variable de turbidez de los diferentes tratamientos en estudio.

El descenso de turbidez con mayores cambios se originó a los 7 días de fermentación en todos los tratamientos, en los días 14 y 21 los tratamientos T₂ (a₁b₂c₂) y T₃ (a₁b₁c₂) se mantienen constantes, mientras que en los tratamientos T₁, T₄, T₅, T₆, T₇ y T₈ los valores del parámetro varían; en cambio el día 21 todos los tratamientos ya tienen sus datos estables.

El tratamiento T₃ (a₁b₁c₂), que corresponde al 15% de adición de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de planta aromática para sustitución del lúpulo presenta los mejores resultados en la variable de turbidez.

No existen valores mínimos ni máximos para turbidez de cervezas artesanales e industriales; según González (2017) la turbidez de las cervezas se produce por precarios o nulos procesos de filtración y por la segunda fermentación o maduración de la cerveza en botellas. Es así como la presencia de éstas otorga a la cerveza artesanal parte de su turbidez característica.

10.1.6. Densidad

Tabla 45. Análisis de varianza de densidad en el día 0

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	1,4E-04	8	1,7E-05	1,22	0,4021
Factor A	3,9E-05	1	3,9E-05	2,78	0,1395
Factor B	1,6E-06	1	1,6E-06	0,11	0,7486
Factor C	1,6E-06	1	1,6E-06	0,11	0,7486
Repeticiones	1,4E-05	1	1,4E-05	1,00	0,3506
Factor A*Factor B	7,7E-05	1	7,7E-05	5,44	0,0524
Factor A*Factor C	1,6E-06	1	1,6E-06	0,11	0,7486
Factor B*Factor C	1,6E-06	1	1,6E-06	0,11	0,7486
Factor A*Factor B*Factor C	1,6E-06	1	1,6E-06	0,11	0,7486
Error	9,8E-05	7	1,4E-05	*: significativo	
Total	2,4E-04	15	**: altamente significativo		
C.V.	0,36	C.V. (%): coeficiente de variación			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Según los resultados obtenidos en la tabla 45 del análisis de varianza de la variable densidad en el día 0, se estableció que no existe diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), factor B (planta aromática) y en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo), dado que p valor $> 0,05$; por lo consiguiente la cantidad de aguamiel, el tipo de planta y la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo, no generan cambios sobre la densidad inicial; por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa en el día 0.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la densidad por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones el 0,36% van a salir diferentes y el 99,74% de observaciones serán confiables, es decir tendrán valores iguales.

Tabla 46. Prueba de Tukey para densidad en el día 0

Tratamiento	Media	n	E.E
T ₄	1,040	2	0,003 A
T ₂	1,040	2	0,003 A
T ₇	1,038	2	0,003 A
T ₅	1,038	2	0,003 A
T ₁	1,038	2	0,003 A
T ₃	1,035	2	0,003 A
T ₆	1,033	2	0,003 A
T ₈	1,032	2	0,003 A

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla 46 de la prueba de Tukey al 5%, con las interacciones AxBxC, indican que el mejor tratamiento en la variable densidad, en el día 0, es el tratamiento T₄ (a₁b₂c₂) con 1,040 g/mL de densidad y corresponden al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, cedrón y 30% de sustitución del lúpulo, no presenta influencia en los demás tratamientos, por lo tanto, no existe diferencia en las interacciones de los factores.

Tabla 47. Análisis de varianza de densidad en el día 7, 14 y 21

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	P. Valor
Modelo	1,5E-04	8	1,9E-05	23,82	0,0002
Factor A	9,5E-05	1	9,5E-05	122,38	<0,0001
Factor B	1,8E-05	1	1,8E-05	23,25	0,0019
Factor C	1,6E-06	1	1,6E-06	2,01	0,1991
Repeticiones	3,1E-06	1	3,1E-06	3,94	0,0875
Factor A*Factor B	2,3E-05	1	2,3E-05	29,05	0,0010
Factor A*Factor C	6,2E-08	1	6,2E-08	0,08	0,7849
Factor B*Factor C	6,2E-08	1	6,2E-08	0,08	0,7849
Factor A*Factor B*Factor C	7,6E-06	1	7,6E-06	9,74	0,0168
Error	5,4E-06	7	7,8E-07		*: significativo
Total	1,5E-04	15			** : altamente significativo
C.V.	0,09				C.V. (%): coeficiente de variación

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los valores tomados de densidad en los días 7, 14 y 21 se mantuvieron constantes, por lo tanto de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 47, se estableció que existe

diferencia significativa en el factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido), el factor B (planta aromática), dado que p valor es $< 0,05$; mientras que en el factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo), no existe diferencia significativa ya que p valor es $> 0,05$; por lo consiguiente la cantidad de aguamiel de agave, la planta aromática influyen significativamente en las lecturas de las densidad y la cantidad de planta aromática para sustituir parcialmente el lúpulo, no influyen significativamente en la densidad en los días 7, 14 y 21. Además, F que corresponde a 23,82 y P que corresponde 0,0002, el valor $F > P$; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en los días 7, 14 y 21.

Estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la acidez por tal razón se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

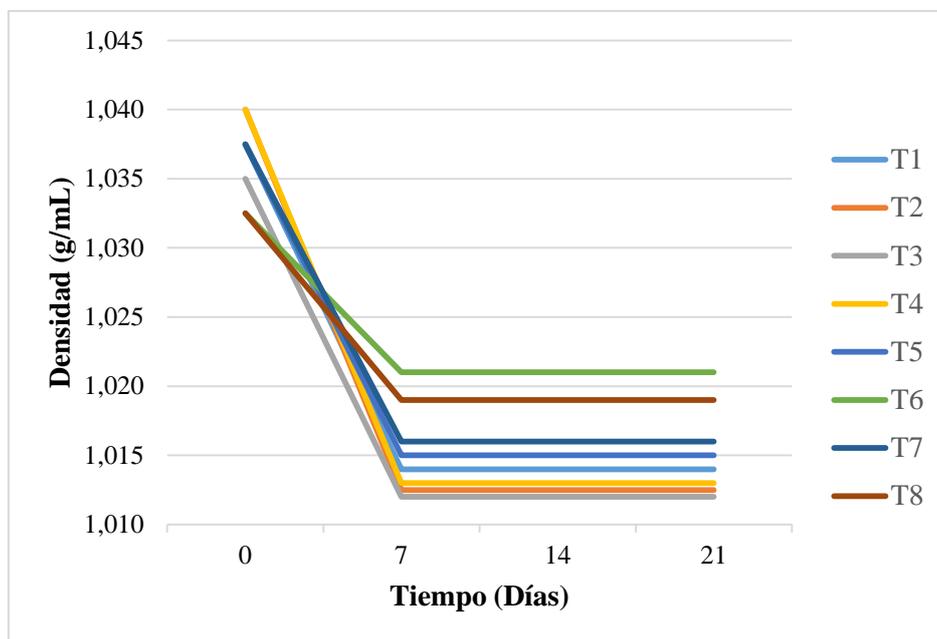
El coeficiente de variación es confiable, lo que significa que de 100 repeticiones el 0,09% van a salir diferentes y el 99,91% de observaciones serán confiables, es decir tendrán valores iguales.

Tabla 48. Prueba de Tukey para densidad en el día 7, 14 y 21

Tratamiento	Media	n	E.E		
T ₃	1,012	2	0,001	A	
T ₂	1,013	2	0,001	A	B
T ₄	1,013	2	0,001	A	B
T ₁	1,014	2	0,001	A	B
T ₅	1,015	2	0,001	A	B
T ₇	1,016	2	0,001	B	C
T ₈	1,019	2	0,001		C D
T ₆	1,021	2	0,001		D

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 40 de la prueba de Tukey al 5%, de los días 7,14 y 21 con las interacciones $A \times B \times C$, indican que en la variable densidad el mejor tratamiento es T₃ ($a_1b_1c_2$) con 1,012 g/mL, que corresponden al 15% de concentración de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de sustitución del lúpulo, no presenta influencia en los demás tratamientos, por lo tanto, no existe diferencia en las interacciones de los factores.

Gráfico 6. Resultado de densidad

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

En el gráfico 6, se observa que en los días 0 y 7 se presentaron mayores cambios en la densidad de los diferentes tratamientos; mientras que en los días 14 y 21 la densidad se estabilizó en todos los tratamientos manteniendo los mismos datos hasta el final.

El tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$), que corresponde al 15% de adición de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de planta aromática para sustitución del lúpulo presenta los mejores resultados de densidad. Suárez (2013) afirma que cuanto más denso sea el mosto, mayor alcohol tendrá la cerveza y cuando menos denso sea el mosto el contenido alcohólico será menor, por ende, el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) se vio influenciado por la densidad, con un contenido de 4% de alcohol y densidad de 1,012 g/mL; mientras que el tratamiento T_6 ($a_2b_2c_1$) alcanzó 8,5% de alcohol y su densidad es de 1,021 g/mL.

En la norma Técnica NTE INEN 2262:2013; no se especifican valores para este parámetro; por lo que se recurrió a la guía BJCP (Beer Judge Certification Program) de Strong y England (2015), para cervezas artesanales de tipo Scottish Export, la densidad final de esta cerveza se establece entre 1,010 - 1,016 g/mL; en conclusión, los valores obtenidos del tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$), cumplen esta especificación ya que presentó una densidad final de 1,012 g/mL. Además, los tratamientos T_2 , T_4 , T_1 , T_5 y T_7 , también se

incluyen en el cumplimiento del parámetro de densidad en g/mL, ya que presentan valores de 1,013; 1,013; 1,014; 1,015 y 1,016 respectivamente.

10.2. Análisis sensorial

Para el análisis sensorial, se evaluó el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) que corresponde al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, hierba luisa, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo y el tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$) que pertenece al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, cedrón, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo; primer y segundo mejor tratamiento respectivamente, la evaluación de los dos tratamientos se ejecutó con el contraste de una muestra control (cerveza artesanal) para determinar si existen o no diferencias en color, aroma, dulzor, sabor, astringencia y apreciación global en el ensayo de cata de la cerveza artesanal.

10.2.1. Color

Tabla 49. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo color

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	R.V.	F. Tablas
Tratamientos	13,09	2	6,55	4,02	3,245
Catadores	88,63	19	4,66	2,86	1,867
Error	61,92	38	1,63		
Total	163,65	59			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los datos obtenidos en la tabla 49 del análisis de varianza de la variable color se observa que, $F_{cal} > F_{0,05}$ en ambos casos; ya que $4,02 > 3,245$ y $2,86 > 1,867$. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. En el color de los tratamientos existe diferencia significativa.

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Dunnett, con un nivel de significancia del 0,05, se observó que los tratamientos son diferentes el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) que está conformado por el 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, hierba luisa, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo y el tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$) que pertenece al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, cedrón, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo, con su testigo (cerveza artesanal).

El valor crítico de Dunnett obtenido fue de 0,927. Esto indica que el tratamiento T₄ (a₁b₂c₂), presento mayor diferencia significativa en comparación con el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂).

En conclusión, el 71% de catadores ubicaron al tratamiento T₄ (a₁b₂c₂) en la escala 5 de la ficha de catación manejada en el anexo 9; catalogándolo en el nivel “me gusta ligeramente”; de igual manera el control, mientras que el 55% de evaluadores ubican al tratamiento T₃ (a₁b₁c₂), en la escala 4 “ni me gusta ni me disgusta”

10.2.2. Aroma

Tabla 50. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo aroma

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	R.V.	F. Tablas
Tratamientos	1,57	2	0,79	0,48	3,245
Catadores	60,60	19	3,19	1,95	1,867
Error	62,04	38	1,63		
Total	124,21	59			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los datos obtenidos en la tabla 50 del análisis de varianza de la variable aroma se observa que, $F_{cal} < F_{0,05}$ y $F_{cal} > F_{0,05}$; ya que $0,48 < 1,57$ y $1,95 > 1,867$. Por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. En el aroma de los tratamientos no existió diferencia significativa.

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Dunnett, con un nivel de significancia del 0,05, se observó que ninguno de los tratamientos es diferente, el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) que corresponde al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, hierba luisa, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo y el tratamiento T₄ (a₁b₂c₂) que pertenece al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, cedrón, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo, con su testigo (cerveza artesanal).

El valor crítico de Dunnett obtenido fue de 0,928. Esto indica que el tratamiento T₄ (a₁b₂c₂), presento mayor diferencia significativa en comparación con el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂).

En conclusión, el 68% de catadores ubicaron al control en la escala 5 de la ficha de catación manejada en el anexo 8; catalogándolo en el nivel “me gusta ligeramente”; de igual manera al tratamiento T₄ (a₁b₂c₂), mientras que el 63% de evaluadores ubican al tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) en la escala 4 “ni me gusta ni me disgusta”

10.2.3. Dulzor

Tabla 51. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo dulzor

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	R.V.	F. Tablas
Tratamientos	18,84	2	9,42	4,74	3,245
Catadores	61,54	19	3,24	1,63	1,867
Error	75,58	38	1,99		
Total	155,95	59			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 51 del análisis de varianza de la variable dulzor, el $F_{cal} > F_{0,05}$ y $F_{cal} < F_{0,05}$: ya que $4,74 > 3,245$ y $1,63 < 1,867$. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. En el dulzor de los tratamientos existió diferencia significativa.

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Dunnett, con un nivel de significancia del 0,05, se observó que los tratamientos son diferentes el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) que corresponde al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, hierba luisa, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo y el tratamiento T₄ (a₁b₂c₂) que pertenece al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, cedrón, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo, con su testigo (cerveza artesanal).

El valor crítico de Dunnett obtenido fue de 1,024. Esto indica que el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂), presenta mayor diferencia significativa en comparación con el tratamiento T₄ (a₁b₂c₂).

En conclusión, el 59% de catadores ubicaron al tratamiento T₄ (a₁b₂c₂) en la escala 4 de la ficha de catación manejada en el anexo 9; catalogándolo en el nivel “ni me gusta ni me disgusta”; mientras que el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) y control con el 39 y 49% de

catadores, respectivamente, ubican a las muestras en la escala 3 “me disgusta ligeramente”

10.2.4. Sabor

Tabla 52. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo sabor

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	R.V.	F. Tablas
Tratamientos	16,05	2	8,02	3,84	3,245
Catadores	29,37	19	1,55	0,74	1,867
Error	79,44	38	2,09		
Total	124,86	59			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 52, del análisis de varianza de la variable sabor, el $F_{cal} > F_{0,05}$ y $F_{cal} < F_{0,05}$: ya que $3,84 > 3,245$ y $0,74 < 1,867$. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. En el parámetro de sabor de los tratamientos existió diferencia significativa.

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Dunnett, con un nivel de significancia del 0,05, se observó que los tratamientos son diferentes el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) que corresponde al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, hierba luisa, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo y el tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$) que pertenece al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, cedrón, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo, con su testigo (cerveza artesanal).

El valor crítico de Dunnett obtenido fue de 1,050. Esto indica que el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$), presento mayor diferencia significativa en comparación con el tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$).

En conclusión, el 60% de catadores ubicaron al tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$) en la escala 4 de la ficha de catación manejada en el anexo 9; catalogándolo en el nivel “ni me gusta ni me disgusta”; mientras que el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) y control con el 43 y 46% de catadores, respectivamente, ubican a las muestras en la escala 3 “me disgusta ligeramente”

10.2.5. Astringencia

Tabla 53. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo astringencia

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	R.V.	F. Tablas
Tratamientos	1,93	2	0,96	0,31	3,245
Catadores	62,14	19	3,27	1,06	1,867
Error	116,80	38	3,07		
Total	180,86	59			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los datos obtenidos en la tabla 53, en el análisis de varianza de la variable astringencia se observa que, $F_{cal} < F_{0,05}$ en ambos casos; ya que $0,31 < 3,245$ y $1,06 < 1,867$. Por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. En la astringencia de los tratamientos no existió diferencia significativa para los catadores.

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Dunnett, con un nivel de significancia del 0,05, se observó que ninguno de los tratamientos es diferente, el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) que corresponde al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, hierba luisa, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo y el tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$) que pertenece a 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, cedrón, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo, con su testigo (cerveza artesanal).

El valor crítico de Dunnett obtenido fue de 1,272. Esto indica que el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$), presento mayor diferencia significativa en comparación con el tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$).

En conclusión, el 57% de catadores ubicaron al tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) en la escala 4 de la ficha de catación manejada en el anexo 10; catalogándolo en el nivel “ni me gusta ni me disgusta”; de igual manera al tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$) y control: por consiguiente, los tres tratamientos se catalogaron en la misma escala

10.2.6. Apreciación global

Tabla 54. Análisis de varianza: Test de Dunnett para el atributo apreciación global

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	R.V.	F. Tablas
Tratamientos	8,63	2	4,32	2,35	3,245
Catadores	73,92	19	3,89	2,12	1,867
Error	69,83	38	1,84		
Total	152,38	59			

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Los datos obtenidos en la tabla 54, en el análisis de varianza de la variable apreciación global se observa que, $F_{cal} < F_{0,05}$ y $F_{cal} > F_{0,05}$; ya que $0,48 < 1,57$ y $1,95 > 1,867$. Por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. En el aroma de los tratamientos no existió diferencia significativa.

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Dunnett, con un nivel de significancia del 0,05, se observó que ninguno de los tratamientos es diferente, el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) que corresponde al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, hierba luisa, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo y el tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$) que pertenece al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, cedrón, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo, con su testigo (cerveza artesanal).

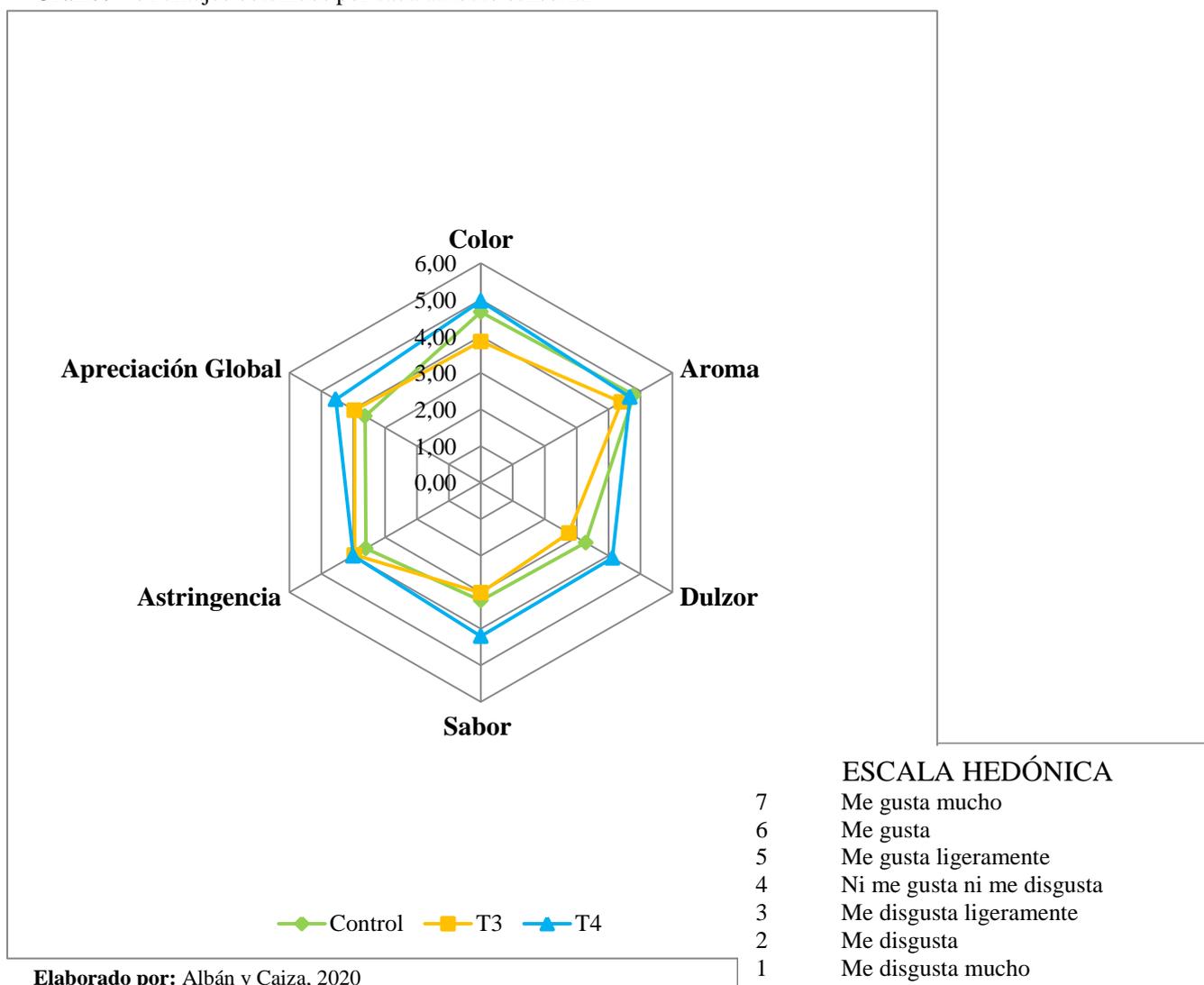
El valor crítico de Dunnett obtenido fue de 0,984. Esto indica que el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$), presento mayor diferencia significativa en comparación con el tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$).

En conclusión, el 65% de catadores ubicaron al tratamiento T_4 ($a_1b_2c_2$) en la escala 5 de la ficha de catación manejada en el anexo 9; catalogándolo en el nivel “me gusta ligeramente”; mientras que el tratamiento T_3 ($a_1b_1c_2$) y control con el 57 y 52% respectivamente; se ubican en la escala 4 “ni me gusta ni me disgusta”

Tabla 55. Porcentajes de preferencia de los tratamientos evaluados

Tratamientos	Color	Aroma	Dulzor	Sabor	Astringencia	Apreciación global
T ₃	55	63	39	43	57	57
	3,86	4,41	2,76	3,01	3,96	3,96
T ₄	71	67	59	60	57	65
	4,96	4,67	4,12	4,20	4,01	4,55
Control	67	68	47	46	52	52
	4,66	4,79	3,29	3,23	3,61	3,63
Promedio	40	41	30	31	35	36
Puntaje Aprox.	2,82	2,90	2,13	2,19	2,43	2,55
Puntaje Real	5	5	4	4	4	5

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Gráfico 7. Puntajes obtenidos por cada atributo sensorial

En el gráfico 7 se observan los valores de los parámetros establecidos para el análisis sensorial, se utilizó la escala hedónica de 1 a 7; **1:** Me disgusta mucho, **2:** Me disgusta, **3:** Me disgusta ligeramente, **4:** Ni me gusta ni me disgusta, **5:** Me gusta ligeramente, **6:** Me gusta y **7:** Me gusta mucho, según la Norma ISO 4121:1987.

Los tratamientos T₃ (a₁b₁c₂) y T₄ (a₁b₂c₂) presentan un puntaje según la escala hedónica entre 4 “ni me gusta ni me disgusta” y 5 “me gusta ligeramente” de acuerdo a los parámetros establecido, presentando mayor aceptación el tratamiento T₄ (a₁b₂c₂).

El tratamiento T₄ (a₁b₂c₂), presento mayor diferencia en comparación con el tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) y la muestra control; obtuvo una mayor aceptación tanto en sabor, dulzor, color y apreciación global; mientras que en el atributo de aroma y astringencia las muestras en evaluación obtuvieron puntajes similares, deduciendo que los catadores no identificaron diferencias en las muestras evaluadas.

El tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) presenta características similares en la mayoría de los parámetros establecidos, en cambio el tratamiento T₄ (a₁b₂c₂), presenta mejores características en comparación de la muestra control, lo que permite establecer que en el análisis sensorial se debe realizar con catadores entrenados, para que los datos no varíen y lograr una mejor determinación de cada parámetro establecido.

10.3. Análisis bromatológico del mejor tratamiento

Tabla 56. Resultados del análisis bromatológico en la cerveza artesanal

Parámetro	Unidades	Resultado	Norma NTE INEN 2262:2013
Grado alcohólico a 20° C	% v/v	4	Mínimo 1,0; máximo 10, 0
Acidez total (ácido láctico)	% m/m	0,29	Máximo 0,3
Densidad de líquidos a 20° C	g/mL	1,0040	-----
Cenizas	% m/v	0,21	-----
pH	-	4,21	Mínimo 3,5; máximo 4,8
Sólidos totales	%	7,05	-----
Carbonatación	% v/v	2,2	Mínimo 2,2; máximo 3,5

Fuente: Universidad Central del Ecuador; Facultad de Ciencias Químicas

En el análisis bromatológico del mejor tratamiento de tabla 56, en los parámetros de grado alcohólico a 20 °C, acidez total (% ácido láctico), pH y carbonatación, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma

Técnica INEN 2262:2013 - Bebidas Alcohólicas. Cerveza. Requisitos y por la norma Nicaragüense NTON 0303-06 - Bebidas fermentadas. Cerveza. Especificaciones.

La densidad no se encuentra establecida en la norma INEN 2262:2013, ni tampoco en la norma Nicaragüense NTON 03038-06; pero el parámetro se puede comparar con lo establecido en la guía BJCP (Beer Judge Certification Program) de Strong y England (2015); que indica que para cervezas artesanales de tipo Scottish Export, la densidad final varía entre 1,010 - 1,016 g/mL; los resultados obtenidos de densidad se encuentran fuera del parámetro establecido por la guía ya que presenta un valor menor.

Castañeda (2015) realizó un análisis de cenizas en cerveza tipo ale en base a un sustrato de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y cebada (*Hordeum vulgare*) y obtuvo 0,33% de ceniza. De la misma manera Apaza y Atencio (2017), efectuaron un análisis proximal en cerveza artesanal tipo ale, con sustitución parcial de malta (*Hordeum vulgare*) por guiñapo de maíz morado (*Zea mays*) y el porcentaje de ceniza que presentó fue de 0,17%.

La cerveza elaborada a partir de aguamiel de agave y plantas de aromáticas, en este caso se utilizó el 30% de hierba luisa para sustituir parcialmente el lúpulo, presenta 0,21% de ceniza, lo que da a conocer que en comparación a las dos cervezas artesanales mencionadas anteriormente el valor es aceptable. Además, otro estudio de Ramos y Caira (2017) en cerveza artesanal con Coca (*Erythroxylum coca*) como sustituto del lúpulo, el valor de contenido de ceniza es de 0,14%.

En el parámetro de sólidos totales, la cerveza elaborada, tiene un porcentaje de 7,05; según AINIA (Instituto Tecnológico Industria Agroalimentaria) (2020), las levaduras se sedimentan lentamente y la cerveza se clarifica por decantación en el fondo del tanque de fermentación y maduración, el contiene entre 10 - 14% de sólidos totales, por consiguiente, el valor obtenido se encuentra en el parámetro establecido.

10.4. Análisis de metales pesados del mejor tratamiento

Tabla 57. Resultados del análisis de metales pesados en la cerveza artesanal

Parámetro	Unidades	Resultado	Norma NTE INEN 2262:2013
Hierro total	mg/kg	0,34	0,2
Arsénico	mg/kg	0,1037	0,1
Cobre	mg/kg	0,23	1,0
Zinc	mg/kg	0,18	1,0
Plomo	mg/kg	< 0,09	0,1

Fuente: Universidad Central del Ecuador; Facultad de Ciencias Químicas

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 57 de los análisis de metales pesados en la cerveza artesanal del tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) que corresponde al 15% de adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido, hierba luisa, 30% de cantidad de planta aromática para sustitución de lúpulo, nos indica que los parámetro de metales pesados (arsénico, cobre, zinc, plomo) tiene como resultados valores que se encuentran en el rango establecido en la norma Técnica NTE INEN 2262:2013 y la norma Nicaragüense NTON 0303-06, en las que se detallan los valores máximos de metales pesados que deben estar presentes en cervezas.

En el caso del hierro, el valor excede a lo indicado por la norma Técnica NTE INEN 2262:2013 y la norma Nicaragüense NTON 0303-06 ya que establecen que el contenido de hierro no debe ser máximo a 0,2 mg/kg, y en la cerveza elaborada se determinó la presencia de 0,34 mg/kg del metal, por consiguiente este parámetro no se encuentra en el rango establecido; pero la cantidad recomendada diaria de ingesta de hierro en hombres y mujeres con edades de 19 a 50 años, es de 8 mg/kg y 18 mg/kg respectivamente (NIH, 2019).

El producto se puede consumir normalmente sin generar daños en la salud. Además, un equipo de investigadores de la Universidad de Valladolid, determinaron que en cervezas negras y rojas existe un nivel superior de hierro en comparación a las cervezas rubias y sin alcohol, por los extractos de malta que se emplea en la fabricación de las cervezas antes mencionadas (Sancho, Blanco, Caballero y Pascual, 2011)

10.5. Análisis microbiológico del mejor tratamiento

Tabla 58. Resultados del análisis microbiológico en la cerveza artesanal

Parámetro	Unidades	Resultado	Norma NTE INEN 2262:2013
Recuento de bacterias anaerobias	UFC/mL	$1,0 \times 10^7$	Máximo 10
Recuento de mohos	UFC/mL	< 10	Máximo 10
Recuento de levaduras	UFC/mL	$5,3 \times 10^5$	Máximo 10

Fuente: Universidad Central del Ecuador; Facultad de Ciencias Químicas

En el análisis microbiológico del mejor tratamiento de la tabla 58, el producto elaborado no cumple los requisitos establecidos por la normativa Técnica NTE INEN 2262:2013, en recuento de bacterias anaerobias y recuento de levaduras. Únicamente, cumple el parámetro de recuento de mohos que se encuentra dentro de los rangos permitidos de la norma Técnica NTE INEN 2262:2013 y de la norma Nicaragüense NTON 0303-06 que establece que el recuento de mohos debe ser inferior a 20 UFC/mL.

Pardo (2017) indica que la mayoría de las especies de bacterias ácido lácticas muestran altos grados de tolerancia al etanol, lo que desempeña un papel muy importante en su capacidad de deterioro de la cerveza, que provoca acidificación y formación de turbidez.

Kim, Kim, Lee, Hwang y Rhee (2014) aclaran que es necesario estandarizar los controles de calidad microbiológica sobre la supervivencia microbiana en bebidas alcohólicas fermentadas, para la fermentación se utilizó aguamiel de agave, en su composición existe la presencia de cepas de *Lactobacillus* y *Pediococcus*. Suárez (2013) indica que estos microorganismos son resistentes al lúpulo en la producción de cerveza y provocan alteraciones en las características sensoriales, acidificación y turbidez final del producto.

Para evitar la carga microbiana en levaduras Pacheco (2010) menciona que en las industrias cerveceras se utilizan filtrados químicos que permiten la eliminación de residuos, destrucción de levaduras y proteínas de la cerveza sin involucrar el contenido alcohólico y características sensoriales de los productos y AINIA (2020), sugiere que la cerveza artesanal elaborada debe ser sometida a procesos tecnológicos que permitan inactivar a los microorganismos presentes, por métodos de pasteurización o membranas que permiten realizar esta operación sin aplicación de calor.

10.6. Análisis y discusión del costo del mejor tratamiento

Tabla 59. Materia prima establecida en base a 17,50 kilogramos de cerveza

Insumos	Unidades	Cantidad	Porcentaje cantidad	Costo unitario	Costo total
Malta Pilsen	kg	2,7900	8,9900	2,20	6,14
Malta Caramelo	kg	0,2000	0,6500	6,00	1,20
Malta Chocolate	kg	0,0150	0,0500	9,00	0,14
Avena	kg	0,2000	0,6400	0,80	0,16
Lúpulo	kg	0,0098	0,0300	300,00	2,94
Hierba Luisa deshidratada	kg	0,0042	0,0200	15,00	0,06
Agua	kg	25,0000	80,5400	0,20	5,00
Dextrosa	kg	0,2650	0,8500	2,00	0,53
Clarificante	kg	0,0075	0,0200	120,00	0,90
Aguamiel	kg	2,5500	8,2100	1,00	2,55
Total	kg	31,0415	100	\$	19,62

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

El costo de materias primas para la obtención de 17,50 kg de cerveza artesanal es de \$19,62.

Tabla 60. Envases y logotipos

Artículo	Unidades	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Botellas	Unidades	53	0,32	16,96
Tapas	unidades	53	0,03	1,59
Etiquetas	kg	0,53	5,00	2,65
Total				21,20

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

El costo directo de fabricación para 17,5 kilogramos de cerveza es de \$40,82, entre la suma de materia prima y envases.

Tabla 61. Mano directa de fabricación

Sueldo Básico	Diario	Costo por horas	Horas utilizadas	N° de personas	Total
400,00	20,00	2,50	8	2	40,00

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

La mano de obra directa de fabricación se consideró en base a ocho horas utilizadas para la elaboración de cerveza artesanal

Tabla 62. Costo indirecto de fabricación

Detalle	Unidades	Cantidad mensual	Costo Unitario	Costo mensual	Costo de 8 horas de producción
Agua	m ³	30	0,27	8,10	0,43
Luz	kW h	40	0,31	12,40	0,60
Gas	Tanque	5	2,00	10,00	0,50
Arrendamiento (instalaciones)	-	1	-	250,00	12,50
Total					14,03

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

Para realizar la estimación de costo de producción de cerveza artesanal, se ha considerado los costos del mejor tratamiento que es T₃ (a₁b₁c₂), realizado a partir de la suma del costo de material directo (materia prima y envases), más el costo de mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación, con un total de \$94,85 por una producción de 17,50 kilogramos de cerveza, donde se obtuvieron 53 botellas de 330 mL.

El costo por botella de 330 mL es de \$1,79, se definió una ganancia de \$0,45 que representa el 25% sobre el costo unitario, fijando un valor de \$2,24 para venta al público, que es un precio accesible por los consumidores y más económico de acuerdo a lo contrastado con precios de otras variedades de cervezas artesanales que oscilan entre \$2,50 y los \$3,00, que indica que el costo de producción del mejor tratamiento está en un rango comercial que permitiría como nuevo producto competir con las marcas comerciales establecidas en el mercado de cervezas artesanales.

11. IMPACTOS

11.1. Impacto técnico

El proyecto de evaluación de la incorporación de aguamiel y plantas de amargor en la elaboración de cerveza artesanal, tiene impactos positivos ya que se innova nuevas metodologías en la cual se sustituyen materias primas en la fermentación producto, conociendo a la par ventajas y desventajas al momento de la ejecución dando apertura a nuevos estudios científicos y tecnológicos referentes al uso del agave y plantas aromáticas para mejorar la calidad tanto en el producto elaborado, como en nuevos productos.

11.2. Impacto económico

El proyecto tiene como finalidad mejorar la estabilidad económica de las familias productoras de las materias primas; con la ejecución del proyecto a la vez se ayudará a generar fuentes de empleo, emprendimientos lo que mejorará la calidad de vida de las personas involucradas directa o indirectamente en el proceso, al ofertar un producto innovador con materias primas propias de la serranía ecuatoriana.

11.3. Impacto social

Ejecutar este proyecto significa un impacto social positivo para los productores de aguamiel, plantas aromáticas, incentivando que generen nuevos productos con valor agregado, además a las personas que elaboran cerveza artesanal sustituyan o aumenten materias primas de fácil acceso y que tengan características especiales y logren brindar al cliente una nueva alternativa de consumo de cerveza artesanal, generando nuevos emprendimientos.

11.4. Impacto ambiental

Con la implementación del proyecto de investigación, se fomentará e incentivará la introducción del agave en el entorno en forma responsable; sin embargo, se debe controlar los métodos de obtención y el tiempo exacto de producción de aguamiel; para no provocar daños y alteraciones en el ecosistema. De igual manera en la elaboración de la cerveza no existe impacto negativo si se controla correctamente los desechos del proceso para que no exista contaminación en el producto y en el ambiente.

12. PRESUPUESTO

Tabla 63. Presupuesto para la propuesta del proyecto

Recursos	Cantidad	Unidad	V. unitario	V. total
HUMANOS				
Tutor	1			
Lectores	3	-	-	-
Postulantes	2			
TRANSPORTE Y ALIMENTACIÓN				
Transporte	80	Día	4,00	320,00
Alimentación	2	Persona	160,00	320,00
SUBTOTAL				640,00
MATERIA PRIMA				
Agua	200,00	L	0,20	40,00
Malta	20,00	kg	5,73	114,60
Avena	1,00	kg	0,80	0,80
Lúpulo	0,10	kg	300,00	30,00
Plantas aromáticas	3,00	kg	15,00	45,00
Aguamiel de agave	50,00	L	1,00	50,00
Dextrosa	4,00	kg	2,00	8,00
Clarificante	0,10	kg	120,00	12,00
SUBTOTAL				300,40
EQUIPOS DE LABORATORIO (Depreciación 10%)				
Potenciómetro	1	u	100,00	10,00
Brixómetro	1	u	79,50	7,95
Balanza analítica	1	u	120,00	12,00
Alcoholímetro	1	u	43,50	4,35
Densímetro	1	u	15,00	1,50
Probeta (1000 mL)	2	u	19,00	3,80
Vasos de precipitación (500 mL)	10	u	6,85	6,85
Termómetro	2	u	6,00	1,20
SUBTOTAL				47,65
IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS				
Hornilla eléctrica de dos quemadores	1	u	35,00	35,00
Olla de acero inoxidable	2	u	30,00	60,00
Batidor manual	2	u	12,00	24,00
Colador	4	u	2,50	10,00
Balde de plástico	2	u	3,00	6,00
Tela lienzo	5	m	2,50	12,50
Cuchara	2	u	1,50	3,00

Botellas de plástico (6 L)	64	u	0,50	32,00
Botellas de vidrio (330 mL)	216	u	0,32	69,12
Tapas para botellas de vidrio	216	u	0,03	6,48
Tapadora de botellas	1	u	20,00	20,00
Airlock	16	u	3,00	48,00
Embudo	2	u	1,50	3,00
Recipientes (2 L)	8	u	3,50	28,00
Fundas de alar y con cierre hermético de diferente tamaño	5	Paquetes	2,20	11,00
SUBTOTAL				368,10
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL				
Mandil	2	u	25,00	50,00
Cofia	6	u	0,50	3,00
Mascarilla	6	u	0,25	1,50
SUBTOTAL				54,50
SUMINISTRO DE OFICINA				
Calculadora	1	u	15,00	15,00
Flash memory	1	u	10,00	10,00
Impresiones	2500	u	0,10	250,00
Cuaderno	1	u	3,50	3,50
Tijera	1	u	0,75	0,75
Estilete	1	u	2,00	2,00
Paquete de hojas de papel bond	5	u	3,00	15,00
Internet	100	Horas	0,60	60,00
Anillados	12	u	2,00	24,00
Empastados	3	u	20,00	60,00
CD	10	u	1,50	15,00
Cinta adhesiva	1	u	2,50	2,50
Silicona	1	u	0,60	0,60
SUBTOTAL				458,35
ANÁLISIS DE LABORATORIO				
Pruebas de análisis para cerveza	1	-	200,00	200,00
SUBTOTAL				200,00
TOTAL PARCIAL				2069,00
15% IMPREVISTOS				310,35
TOTAL				2379,35

Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

Con la finalización del proyecto de investigación se concluye lo siguiente:

- La elaboración de cerveza artesanal con la incorporación de aguamiel de agave y plantas aromáticas, se realizó con la finalidad de aprovechar la potencialidad de las materias primas del sector, para generar estabilidad económica y desarrollo de nuevos estudios referentes al producto
- Se estableció tres factores de estudio para determinar las concentraciones ideales de aguamiel de agave y planta aromática para la elaboración de cerveza artesanal; factor A (adición de aguamiel de agave en relación al mosto obtenido a 15 y 30%), factor B (plantas aromáticas), factor C (cantidad de planta aromática para sustitución parcial del lúpulo a 15 y 30%); con indicadores que permitieron determinar las variaciones físico - químicas en los diferentes tratamientos.
- Existió un total de 16 tratamientos en estudio, para determinar los cambios físico - químicos, durante el proceso de fermentación de la cerveza artesanal, se determinó que el mejor tratamiento de acuerdo a los datos obtenidos de los análisis de pH, acidez, °Brix, turbidez, densidad y grado alcohólico, en los días 0, 7,14 y 21, corresponde al tratamiento T₃ (a₁b₁c₂) 15% de adición de aguamiel en relación al mosto, hierba luisa y 30% de planta aromática para sustitución del lúpulo.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis bromatológico, metales pesados y microbiológico realizados en los laboratorios de la Universidad Central del Ecuador; Facultad de Ciencias Químicas, revela que los valores de grado alcohólico, acidez total, pH, carbonatación, arsénico, cobre, zinc, plomo y recuento de mohos en la cerveza artesanal elaborada cumple la norma Técnica NTE INEN 2262:2013, mientras que los resultados de hierro excede lo permitido en la normativa, el recuento de bacterias anaerobias y levaduras se encuentran fuera de la especificación de la norma, lo cual se atribuye a que la cerveza no fue pasteurizada, asumiendo que se realizó una pasteurización inicial del aguamiel para evitar el exceso de carga microbiana. Sin embargo, mediante un almacenamiento adecuado (refrigeración), la propagación de microorganismos se detiene y no existe riesgo para el consumo humano.

- La evaluación sensorial, se desarrolló mediante la aplicación del test de Dunnett, con parámetros de color, aroma, dulzor, acidez, astringencia y apreciación global, en la cual se utilizó el primer mejor tratamiento T₃, el segundo mejor tratamiento T₄ y una muestra control, en la cual se determinó un puntaje que varía entre 4 (ni me gusta ni me disgusta) y 5 (me gusta ligeramente), de acuerdo a la escala hedónica utilizada, presentando mayor aceptabilidad el tratamiento T₄.
- El costo de producción de la cerveza artesanal se calculó a partir de la suma del costo de material directo (materia prima y envases), costo de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación; dando un valor de \$1,79 para la presentación de botellas de 330 mL, lo que permite tener una rentabilidad del 25% fijando un coste de \$2,24 de venta al público, precio que se considera accesible y competitivo en el mercado ecuatoriano, ya que en otras variedades de cervezas artesanales el costo esta entre \$2,50 y los \$3,00

13.2. Recomendaciones

- La materia prima (aguamiel de agave), debe ser recolectada en recipientes de acero inoxidable y transportada en refrigeración, para impedir la proliferación de microorganismos y cambio en las propiedades físicas y químicas, además se puede realizar un estudio de aislamiento de la levadura presentes en la materia prima.
- Se debe utilizar plantas aromáticas deshidratadas y añadirlas en la parte final de la cocción del mosto para mantener las características esenciales de las mismas.
- El espacio de producción debe mantenerse inocuo y todos los materiales e instrumentos utilizados en el proceso de elaboración de cerveza artesanal deben estar esterilizados para evitar contaminación.
- Se recomienda utilizar métodos físicos como la pasteurización rápida, esterilización y refrigeración o métodos químicos como el uso meta bisulfito de sodio, para evitar contaminación, exceso de carga microbiológica y alteraciones sensoriales en el producto final.
- Utilizar la metodología y la formulación establecida del mejor tratamiento para elaborar otros estilos de cervezas artesanales.
- Se recomienda para un nuevo estudio, trabajar con otro tipo de maltas y remplazar el lúpulo por potenciadores de astringencia, en la elaboración de este tipo de bebidas.

14. REFERENCIAS

- Alarcón, J. (2011). *Plantas aromáticas y medicinales: Enfermedades de importancia y sus usos terapéuticos*. Bogotá - Colombia.
- Alcázar, A. (2001). *Aplicaciones del análisis multivariante a la diferenciación de tipos de cerveza* (tesis doctoral). Universidad de Sevilla, Andalucía, España.
- Álvarez, X. (2012). *Identificación, historia, características y aplicaciones culinarias de cinco plantas aromáticas endémicas de América* (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Amaya, W. y Lasluisa, M. (2018). *Obtención, caracterización e incorporación de mucilago de malva (*Malva sylvestris*) y su efecto en la caracterización del aguamiel de agave (*Agave americana* L.), para la producción de miel* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- AINIA (Instituto Tecnológico Agroalimentario), (2020). *Mejores técnicas disponibles en el sector cervecero*. Recuperado de <http://www.prtr-es.es/data/images/la%20industria%20cervecera-74f8271308c1b002.pdf>
- Apaza, R. y Atencio, Y. (2017). *Tecnología para la elaboración de una cerveza artesanal tipo ale, con sustitución parcial de malta (*Hordeum Vulgare*) por guñapo de maíz morado (*Zea Mays*)*” (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Ávila, A., (31 de Julio de 2016). *El aguamiel, la bebida milagrosa*. Recuperado de <https://www.elsoldemexico.com.mx/cultura/El-aguamiel-la-bebida-milagrosa-186742.html>
- Bandonill, E. y Sánchez, P. (2004). *Optimization of process parameters for rice (*Oryza sativa* L.) Beer Production in the philippines*. *Revista Food Science and Technology*. Recuperado de <https://xurl.es/picnn>
- Burbano, V. (2016). *Aceite esencial de la hierba luisa al 100% y su efectividad de inhibición en bloques de resina acrílica contaminados con *Candida albicans**;

estudio in vitro (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Casas, A., Aguilar, C., De la Garza, H., Morlett, J., Montet, D. y Rodríguez, R. (2015). Importancia de las levaduras no-Saccharomyces durante la fermentación de bebidas alcohólicas. *Redalyc*, 23(65), 73-78.

Castañeda, R., (2015). *Elaboración de cerveza tipo ale en base a un sustrato de quinua (Chenopodium quinoa willd) y cebada (Hordeum vulgare)* (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Ecuador.

Castillero, O. (2018). *Los 15 tipos de investigación (y características)*. Recuperado de <https://psicologiaymente.com/miscelanea/tipos-de-investigacion>

Cedeño, G. y Mendosa, J. (2016). *Evaluación fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa como adjunto y especias* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta. Ecuador.

Chancusig, P. (2011). *Estudio de las propiedades reológicas del dulce de cabuyo negro (Agave americana) para la elaboración de un edulcorante bajo en calorías* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Cobo, J. (Junio de 2016). *La Cultura del Penco (Agave Americano Andino), un Patrimonio Cultural de los Andes Ecuatoriales*. ANAGAVEC. Ecuador. Recuperado de <https://anagavec.wixsite.com/anagavec/la-cultura-del-penco>

Cuellar, L. (2016). Cerveza artesanal. *Ventajas de usar dextrosa en carbonatación natural de cerveza*. Recuperado de <https://www.cerveza-artesanal.co/ventajas-de-usar-dextrosa-en-carbonatacion-natural-de-cerveza/>

Los, G. (2008). *El gran libro de las Cervezas*. Barcelona, España: Editors.

Di Leo, P. (2016). *Caracterización fitoquímica del cedrón (Aloysia citrodora Paláu, Verbenáceas) en Argentina para su normalización* (tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

- Domene, A. (2018). *Maestro cervecero: Guía para elaborar tu propia cerveza*. Barcelona, España: Edhasa
- Dos Santos, T., Moretzsohn, P y Camporese, E. (2014). Solid wastes in brewing process: A review. *Journal of Brewing and Distilling*, 5(1), 1-9.
- Enríquez, M. y Acevedo, A. (2012). *Identificación molecular de levaduras presentes durante la fermentación de Sotol* (tesis de pregrado). Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, México.
- Fernández, K. (2015). *Agencia Iberoamericana para la Difusión de Ciencia y Tecnología (DICIT) con el tema: Emprendedores mexicanos elaboran cerveza artesanal de agave azul baja en calorías*. México. Recuperado de <http://www.dicyt.com/noticias/emprendedores-mexicanos-elaboran-cerveza-artesanal-de-agave-azul-baja-en-calorias>
- Fuentes, A. y Fuentes, E. (2014). *Obtención de cerveza artesanal tipo ale oscura utilizando un equipo biorreactor de nivel piloto* (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Gallegos, J. (2000). *Manual práctico de cafetería y bar Barcelona*. Madrid, España: Paraninfo
- Gamazo, C., Sánchez, S. y Camazo, A. (2013). *Microbiología basada en la Experimentación*. España: Elsevier.
- Garcés, S. (2012). *Inventario de las especies vegetales en el sendero ecológico de las cascadas Jun Jun* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- García, K. (2015). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos andinos* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- García-Mendoza, A. (2012). México, país de magueyes. *La Jornada del Campo*. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx/2012/02/18/cam-pais.html>

- García-Herrera, E., Méndez-Gallegos, S. y Talavera-Magaña, D. (2010). El género agave spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 5(73), 111
- Godoy, A., Herrera, T. y Ulloa, M. (2003). *Más allá del pulque y el tepache: las bebidas alcohólicas no destiladas indígenas de México* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México, México.
- González, M. (2017). *Principios de la elaboración de cervezas artesanales*. Recuperado de http://www.vinodefruta.com/descargas/Libro_Principios_de_Elaboracion_de_Cervezas_Artesanales_Ebook.pdf
- Hervas, P., (2011). *Estudio de la influencia de los grados Brix del chaguarmishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). Censo 2010. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Memorias/memorias_censo_2010.pdf
- Jiménez, S. y Fonnegra, N. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia* (tesis de pregrado). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Kim, S, Kim, H., Lee, H., Hwang I. y Rhee, S. (2014) Survival of foodborne pathogenic bacteria (*Bacillus cereus*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, *Staphylococcus aureus*, and *Listeria monocytogenes*) and *Bacillus cereus* spores in fermented alcoholic beverages (beer and refined rice wine). *Journal of Food Protection*, 77(3), 419-426.
- Lemus, E. y Ortiz, G. (2003). *Estudio preliminar del proceso artesanal para la elaborar mezcal* (tesis de posgrado). Instituto Politécnico Nacional, México.
- Loachamin, C. (2015). *Elaboración de biocombustible a partir de dos variedades de agave; agave negro (*Agave americana*) y agave blanco (*Agave amarilydáceas*)*

con dos tipos de fermentos en los zumos, a dos tiempos diferentes (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

Mattos, R. (2004). Tecnología cervecera. *Campinas - SP: Instituto de Tecnología de Alimentos*. Brasil: ITAL.

Mejía, A. y Pérez J., (1996). *Fermentación Alcohólica del líquido (Chahuar-Mishque) obtenido del cabuyo negro (Agave americano L.)* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Meza, K. y Vargas, G. (2013). *Evaluación de la actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de hierba luisa (Cimbopogon citratus Stapf), poaceae en una formulación cosmética con finalidad antiacnéica* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.

Micho, E., (2015). *Creación de un establecimiento de alimentos y bebidas que ofrecerá cervezas aromatizadas de sabores, con una combinación de picaditas argentinas. Orientado a todo público (mayores de edad)* (tesis de pregrado) Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.

Molina, L., (2016). *Obtención y caracterización de la inulina a partir de dos variedades de agave cabuya negra (Agave americana l.) y agave sisal (Agave sisalana p.) con tres concentraciones de alcohol (40, 60, 80%)* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.

MSSI. (2007). Ministerio de sanidad, servicios sociales e igualdad: *Clasificación de bebidas alcohólicas*. España.

Muñiz-Márquez, D., Rodríguez-Jasso, R., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. y Aguilar-González, C. (2013). *Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana*. México. Recuperado de <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM/No.%2010/5%20produccion.pdf>

- Nieto, R., Vargas, J., Nieto, J., Jiménez, V., Hernández, J. y Ortiz, M. (2016). *El cultivo de maguey pulquero (Agave salmiana) en el valle del mezquital* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, México.
- NIH, (2019). National Institutes of Health, *Datos sobre el hierro*. Recuperado de <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Iron-DatosEnEspanol.pdf>
- NMX-V-022-1972. AGUAMIEL. HYDROMEL. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. Recuperado de <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-V-022-1972.PDF>
- NTE INEN 2262:2013. BEBIDAS ALCOHÓLICAS, Cerveza. Requisitos. Recuperado de https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_2262-1.pdf
- NTE INEN 1108:2011. AGUA POTABLE. Requisitos. Recuperado de <https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf>
- NTON 03038-06. *Bebidas fermentadas*. Cerveza. Especificaciones. Recuperado de http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/nic70_t.pdf
- Ocioltura. (2016). *Tomar Aguamiel tiene beneficios para la Salud*. Recuperado de <http://www.ocioltura.com/salud/tomar-aguamiel-tiene-beneficios-pa-la-salud>
- Palacios, F., Alcázar, J., Jurado, A., De Pablos, F. (2012). Recognition of the geographical origin of beer based on support vector machines applied to chemical descriptors. *Food control*, 54, 700-706
- Panda, S., Swain, M., Ray, R. y Kayitesi, E. (2015). Anthocyanin-rich sweet potato (Ipomoea batatas L.) Beer: Technology, biochemical and sensory evaluation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 3040-3049.
- Pardo, L. (2017). *Microorganismos termorresistentes en la producción de cerveza. Estudio inicial*. (Tesis de grado). UDC, España. Recuperado de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/19612/PardoRipoll_Luc%C3%ADaDa_TFG_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Paucar, A. (2015). *Evaluación nutricional y físico química de mezcla de pepino (Cucumis sativus L.) Y cedrón (Aloysia triphylla) como base de una bebida funcional* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- Pillajo, J., (2015). *Estudio de la fermentación del aguamiel de la penca (Agave americana L.) para la obtención de una bebida alcohólica fermentada* (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Quezada, A. (1992) *La práctica médica tradicional*. Cuenca: IDICSA, pp. 390-392, 420-422.
- Quinllay, M. (2016). *Aceites esenciales y compuestos fenólicos de Cymbopogon citratus (hierba luisa) en la producción de pollos pio pio*” (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Ramos, I. y Caira, J., (2017). *Elaboración, caracterización y aceptabilidad de cerveza artesanal, utilizando la coca (Erythroxylum coca) como sustituto del lúpulo* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Perú, Lima, Perú.
- Raymond, K. y Donald, F. (2003). *Enciclopedia de Tecnología Química*. México. Hispano Americana., pp. 367-369.
- Sancho, D., Blanco, C., Caballero, I. y Pascual, A., (2011). “Free iron in pale, dark and alcohol-free commercial lager beers”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1142-7
- Sanorn *et al.* (2008). *High-temperature ethanol fermentation and transformation with linear DNA in the thermotolerant yeast Kluyveromyces marxianus DMKU3-1042*. *Applied and Environmental Microbiology*
- SECA (Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales). (03 de septiembre de 2019) *Recetas de cervezas* Recuperado de <https://secaecuador.es.tl/COMO-HACER-CERVEZA.htm>

- Soto, R., Vega, G. y Tomajón, A. (2002). *Instructivo técnico del cultivo de Cymbopogon citratus*. Revista cubana de plantas medicinales
- Strong, G. y England, K. (2015). Guía de estilos de cerveza: *Beer Judge Certification Program (BJCP)*. Recuperado de https://www.thebeertimes.com/wp-content/uploads/2017/08/2015_Guidelines_Beer_Espa%C3%B1ol-final.pdf
- Suárez, M. (2013). *Cerveza: componentes y propiedades* (tesis de maestría). Universidad de Oviedo, Oviedo, España.
- Tamayo, M. (2018). *Tipos de investigación*. Recuperado de https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos_de_investigacion.pdf
- Tenemaza, M. (2018). *Desarrollo de cerveza artesanal estilo stout para maridaje de postres a base de café* (tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito Ecuador.
- Terán, S. (2017). *Evaluación de la utilización de amaranto (amaranthus spp) como adjunto y dos cepas de levadura (saccharomyces cerevisiae) en la fabricación de cerveza* (tesis de Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Tirado, J. y Zalazar, G. (2018). *Banano (Cavendish gigante) de rechazo como sustitución parcial de cebada en la calidad fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Ecuador.
- Torres, D. y Bohórquez, D. (2017). *Sustitución parcial del lúpulo (Humulus lupulus) por cidrón (Aloysia citrodora) en la elaboración de cerveza artesanal* (tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- UP (Universidad del Pacífico). (2011). *Producción de cerveza artesanal*. (En línea). PE. Consultado, 11 de junio. 2019. Formato PDF. Recuperado de <http://www.crecemype.pe/portal/>.
- Van, P. (2005). Food Science and Technology. *Gante-Bélgica*. 2(23), 103-105

- Vargas, E., Gutiérrez, J., Ramírez, J., Onofre, J. (2018). *Pruebas Sensoriales* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Vargas, O. (2015). *Uso de infusiones al 10% de hierba luisa (Cymbopogon citratus), oreganón (Plectranthus amboinicus) y tilo (Tilia cordata mill) en el control de escherichia coli en pollos broilers* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- Villacres, E. (2008). *La cebada un cereal nutritivo*. Quito-Ecuador. Grafistas. pp. 3.
Recuperado de <https://bit.ly/2uF52LV>
- Villarreal, S., Enríquez, M., Michel, M., Flores, A., Montañez-Saens, J., Aguilar, C. y Herrera, R. (2019). Metagenomic Microbial Diversity in Aguamiel from Two Agave Species During 4-Year Seasons. *Food Biotechnology*, 33(1), 1-16.

15. ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **Albán Martínez Yesenia Gabriela y Caiza Molina Carlos Andres**, cuyo título versa “**EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE AGUAMIEL DE AGAVE (*Agave americana L.*) Y PLANTAS AROMÁTICAS EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

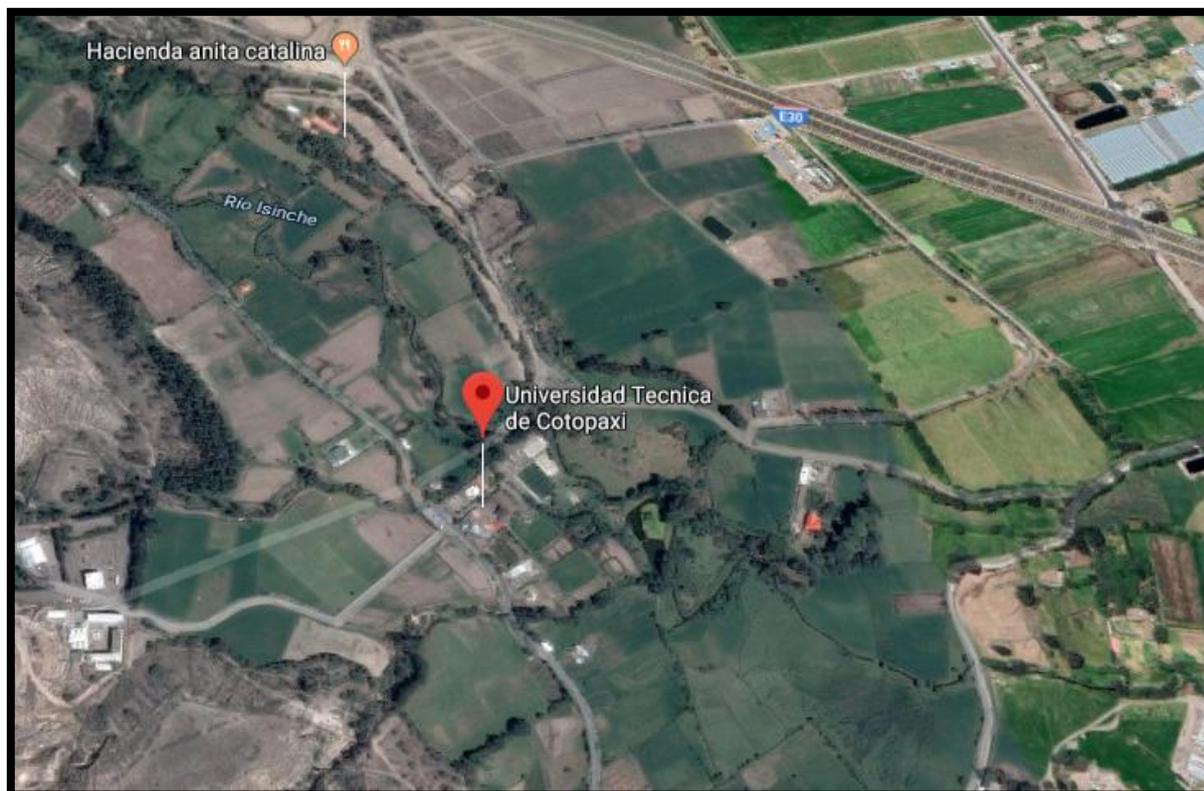
Latacunga, febrero del 2020.

Atentamente,


Mg. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502617350



Anexo 2. Lugar de ejecución



Vista satelital del lugar de ejecución del proyecto: Universidad Técnica de Cotopaxi, CEYPSA - Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Barrio Salache Bajo, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia: Cotopaxi, Zona 3



Anexo 3. Tutora de titulación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Arias Palma

NOMBRES: Gabriela Beatriz

ESTADO CIVIL: Casada

CEDULA DE CIUDADANIA: 1714592746

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Quito, 3 de Junio de 1983

DIRECCION DOMICILIARIA: Cdla. Tiobamba. Panamericana sur km 3,5

TELEFONO CONVENCIONAL: TELEFONO CELULAR: 0984705462

CORREO ELECTRONICO: gabriela.arias@utc.edu.ec / gameli83@hotmail.com



ESTUDIOS REALIZADOS Y TITULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	FECHA DE REGISTRO SENESCYT	CODIGO DEL REGISTRO SENESCYT
TERCER	INGENIERA AGROINDUSTRIAL	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	26-05-2009	1001-09-919392
CUARTO	DIPLOMADO SUPERIOR EN GESTIÓN PARA EL APRENDIZAJE UNIVERSITARIO	ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO	31-08-2012	1004-12-750886
CUARTO	MAGISTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	31-10-2016	1001-2016-1756024

HISTORIAL PROFESIONAL

FACULTAD EN LA QUE LABORA: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

CARRERA A LA QUE PERTENECE: Ingeniería Agroindustrial

AREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA: Ingeniería, industria y construcción; Industria y producción Investigación Operativa, Biotecnología

FECHA DE INGRESO A LA UTC: 05 de Octubre del 2009



FIRMA

Anexo 4. Estudiante**DATOS PERSONALES****APELLIDOS:** Albán Martínez**NOMBRES:** Yesenia Gabriela**ESTADO CIVIL:** Soltera**CEDULA DE CIUDADANIA:** 0550217228**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Pujilí, 01 de Mayo de 1997**DIRECCION DOMICILIARIA:** Barrio Tingo Chico, Panamericana Occidental km 11 1/2 Vía Latacunga - La Mana**TELEFONO CONVENCIONAL:** 0000000000**TELEFONO CELULAR:** 0999919910**CORREO ELECTRONICO:** yesenia.alban7228@utc.edu.ec**EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON:** Natalia Albán, 0999051804**ESTUDIOS REALIZADOS Y TITULOS OBTENIDOS**

NIVEL	CENTRO EDUCATIVO	TITULO OBTENIDO
SEGUNDO	Colegio Experimental "Provincia de Cotopaxi"	Bachillerato General Unificado.
TERCER	Universidad Técnica de Cotopaxi	Egresada de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial.

.....
Yesenia Gabriela Albán Martínez

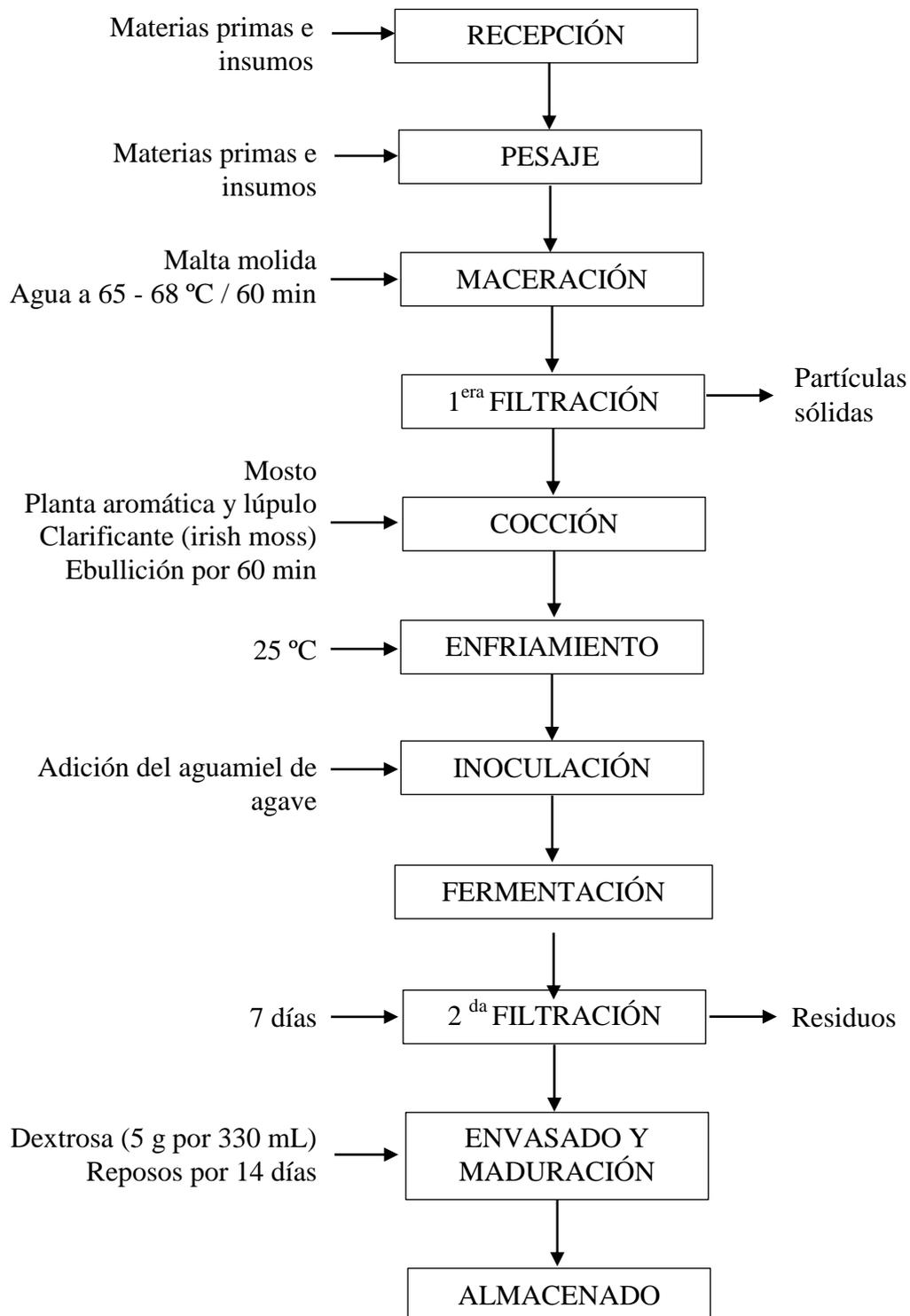
Anexo 5. Estudiante**DATOS PERSONALES****APELLIDOS:** Caiza Molina**NOMBRES:** Carlos Andres**ESTADO CIVIL:** Soltero**CEDULA DE CIUDADANIA:** 1723174833**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Quito, 18 de Junio de 1995**DIRECCION DOMICILIARIA:** Alóag**TELEFONO CONVENCIONAL:** (022) 389-360**TELEFONO CELULAR:** 0998227337**CORREO ELECTRONICO:** carlos.caiza4833@utc.edu.ec**EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON:****ESTUDIOS REALIZADOS Y TITULOS OBTENIDOS**

NIVEL	CENTRO EDUCATIVO	TITULO OBTENIDO
SEGUNDO	Instituto Técnico Superior Policía Nacional	Bachillerato en Químico Biólogo.
TERCER	Universidad Técnica de Cotopaxi	Egresado de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial.



Carlos Andres Caiza Molina

Anexo 6. Proceso de obtención de la cerveza artesanal en diagrama



Elaborado por: Albán y Caiza, 2020

Anexo 7. Proceso de obtención de la cerveza artesanal en fotografías**Fotografía 1.** Molienda de maltas

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 2. Recepción de aguamiel de agave

Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 3. Maceración de maltas



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 4. Cocción del mosto



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 5. Observación del estado del mosto



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 6. Segunda fermentación o maduración



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 7. Muestras para análisis físico - químicos



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 8. Medición de turbidez de las muestras



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 9. Control de acidez en los tratamientos



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 10. Análisis sensorial



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Fotografía 11. Conteo de UP de levaduras en el aguamiel de agave



Fuente: Albán y Caiza, 2020

Anexo 8. Hoja para evaluación de aceptabilidad N° 1



HOJA DE CATACIÓN

Nombre del catador (ra):.....
 Edad:
 Fecha:

EVALUACION SENSORIAL DE PREFERENCIA
CERVEZA ELABORADA CON AGUAMIEL DE AGAVE Y PLANTAS AROMÁTICAS (hierba luisa y cedrón)

INSTRUCCIONES: Marque con una línea de acuerdo a su preferencia para cada uno de los atributos a evaluar en la escala establecida a continuación.

MUESTRA 508

COLOR



AROMA



DULZOR



SABOR



ASTRINGENCIA



APRECIACIÓN GLOBAL



¡¡¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!!!

Anexo 9. Hoja para evaluación de aceptabilidad N° 2



HOJA DE CATACIÓN

Nombre del catador (ra):.....
 Edad:
 Fecha:

EVALUACION SENSORIAL DE PREFERENCIA CERVEZA ELABORADA CON AGUAMIEL DE AGAVE Y PLANTAS AROMÁTICAS (hierba luisa y cedrón)

INSTRUCCIONES: Marque con una línea de acuerdo a su preferencia para cada uno de los atributos a evaluar en la escala establecida a continuación.

MUESTRA 126

COLOR



AROMA



DULZOR



SABOR



ASTRINGENCIA



APRECIACIÓN GLOBAL



¡¡¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!!!

Anexo 10. Hoja para evaluación de aceptabilidad N° 3



HOJA DE CATACIÓN

Nombre del catador (ra):.....
 Edad:
 Fecha:

EVALUACION SENSORIAL DE PREFERENCIA CERVEZA ELABORADA CON AGUAMIEL DE AGAVE Y PLANTAS AROMÁTICAS (hierba luisa y cedrón)

INSTRUCCIONES: Marque con una línea de acuerdo a su preferencia para cada uno de los atributos a evaluar en la escala establecida a continuación.

MUESTRA 442

COLOR

Me disgusta mucho |-----| Ni me gusta ni me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

AROMA

Me disgusta mucho |-----| Ni me gusta ni me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

DULZOR

Me disgusta mucho |-----| Ni me gusta ni me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

SABOR

Me disgusta mucho |-----| Ni me gusta ni me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

ASTRINGENCIA

Me disgusta mucho |-----| Ni me gusta ni me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

APRECIACIÓN GLOBAL

Me disgusta mucho |-----| Ni me gusta ni me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

¡¡¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!!!

Anexo 11. Informe de resultados de análisis bromatológicos del mejor tratamiento



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE ALIMENTOS
INFORME DE RESULTADOS

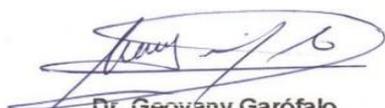
INF. LAB. ALI- 27695
ORDEN DE TRABAJO No. 62956

SOLICITADO POR:	CAIZA MOLINA CARLOS ANDRES
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	ALOAG-ECUADOR
MUESTRA DE:	CERVEZA
DESCRIPCIÓN:	CERVEZA ARTESANAL DE AGAVE
LOTE:	---
FECHA DE ELABORACIÓN:	---
FECHA DE VENCIMIENTO:	---
FECHA DE RECEPCIÓN:	07/01/2020
HORA DE RECEPCIÓN:	14:05
FECHA DE ANÁLISIS:	09-20/01/2020
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	22/01/2020
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	Característico
OLOR:	Característico
ESTADO:	LIQUIDO
Contenido: 300 ml	
OBSERVACIONES:	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREADO POR:	El Cliente

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Grado Alcohólico a 20°C	% (v/v)	4	MAL 05 / INEN 340
Acidez Total (ácido láctico)	% (m/m)	0.29	NTE INEN 2323
Densidad de líquidos a 20°C	g/ml	1.0040	MAL-58
Cenizas	% (m/v)	0.21	MAL-02/ AOAC 923.03
pH	-	4.21	MAL - 52/AOAC 981.12 MODIFICADO
Sólidos Totales	%	7.05	MAL-13/ AOAC 925.10
Carbonatación	% (v/v)	2.2	PROBETA DE VEITSHÖCHHEIM




Dr. Geovany Garófalo
RESPONSABLE AREA DE ALIMENTOS



Anexo 12. Informe de resultados de análisis de metales pesados del mejor tratamiento



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50407
 ORDEN DE TRABAJO No. 62955

SOLICITADO POR:	CAIZA MOLINA CARLOS ANDRES		
DIRECCION DEL CLIENTE:	ALOAG-ECUADOR		
MUESTRA DE:	ALIMENTO		
DESCRIPCIÓN:	CERVEZA ARTESANAL DE AGAVE		
FECHA DE RECEPCIÓN:	7/1/2020	HORA DE RECEPCIÓN:	14H05
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 8/1/2020 AL 21/01/2020		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	21/1/2020		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERISTICA:	CARACTERISTICO	ESTADO:	LIQUIDO
		CONTENIDO:	300 mL
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en que se emite la orden de trabajo		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS
HIERRO TOTAL	mg/kg	0,54	ABSORCION ATOMICA
ARSENICO	mg/kg	0,1037	ABSORCION ATOMICA
COBRE	mg/kg	0,23	ABSORCION ATOMICA
CINC	mg/kg	0,18	ABSORCION ATOMICA
PLOMO	mg/kg	<0,09	ABSORCION ATOMICA



B.F. ALICIA CEPA
RESPONSABLE DEL AREA DE AMBIENTAL

R-GO-01-26



Anexo 13. Informe de resultados de análisis microbiológicos del mejor tratamiento



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. MI 39180
ORDEN DE TRABAJO No. 62954

SOLICITADO POR:	CAIZA MOLINA CARLOS ANDRÉS
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	ALOAG-ECUADOR
MUESTRA DE:	CERVEZA
DESCRIPCIÓN:	CERVEZA ARTESANAL DE AGAVE
LOTE:	----
FECHA DE ELABORACIÓN:	----
FECHA DE VENCIMIENTO:	----
FECHA DE RECEPCIÓN:	07/01/2020
HORA DE RECEPCIÓN:	14H05
FECHA DE ANÁLISIS:	10/01/2020
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA:	20/01/2020
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERÍSTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	300ml
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
*RECUESTO DE BACTERIAS ANAEROBIAS	ufc/ml	1.0X10 ⁷	MMI-25/AOAC 990.12 MODIFICADO
RECUESTO DE MOHOS	ufc/ml	<10	MMI-01/AOAC 997.02 MODIFICADO
RECUESTO DE LEVADURAS	ufc/ml	5.3X10 ⁶	MMI-01/AOAC 997.02 MODIFICADO

DATOS ADICIONALES:

ufc/ml: Unidad formadora de colonias por mililitro



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*




B.F. MAGALY CHASI – Mgtr.
RESPONSABLE AREA MICROBIOLOGIA

Anexo 14. Norma Técnica NTE INEN 2262:2013 de bebidas alcohólicas: cerveza

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 2262
Primera revisión
2013-11

BEBIDAS ALCOHOLICAS. CERVEZA. REQUISITOS

ALCOHOLIC BEVERAGES. LIQUORS. REQUIREMENTS

Correspondencia:

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	BEBIDAS ALCOHÓLICAS. CERVEZA. REQUISITOS	NTE INEN 2262:2013 Primera revisión 2013-11
---	---	--

1. OBJETO

1.1. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la cerveza para ser considerada apta para el consumo humano.

2. DEFINICIONES

2.1. Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

2.1.1 Cerveza. Bebida de bajo contenido alcohólico, resultante de un proceso de fermentación natural controlado, por medio de levadura cervecera proveniente de un cultivo puro, en un mosto elaborado con agua de características fisicoquímicas y bacteriológicas apropiadas, cebada malteada sola o mezclada con adjuntos, con adición de lúpulo y/o sus derivados.

2.1.2 Cerveza pasteurizada. Producto que ha sido sometido a un proceso térmico que garantice la inocuidad del mismo usando las apropiadas unidades de pasteurización UP.

2.1.3 Unidad de Pasteurización UP. Carga letal de 60°C por un minuto. Se define mediante la siguiente ecuación:

$$UP = Z \times 1.393^{(T-60)}$$

En donde:

UP = unidad de pasteurización;
Z = tiempo de exposición, en minutos,
T = temperatura real de exposición, en °C.

2.1.4 Cebada malteada. Es el producto de someter el grano de cebada a un proceso de germinación controlada, secado y tostado en condiciones adecuadas para su posterior empleo en la elaboración de cerveza.

2.1.5 Adjuntos cerveceros. Son ingredientes malteados o no malteados, que aportan extracto al proceso en reemplazo parcial de la malta sin afectar la calidad de la cerveza, estos pueden ser adjuntos crudos y modificados como jarabes (soluciones de azúcares) o azúcares obtenidos industrialmente por procesos enzimáticos a partir de una fuente de almidón.

2.1.6 Lúpulo. Es un producto natural obtenido de la planta *Humulus lupulus*, responsable del amargor y de parte del aroma de la cerveza. Este puede estar en forma vegetal o en forma de extracto.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 La cerveza no debe ser turbia ni contener sedimentos, (a excepción de aquellas que por la naturaleza de sus materias primas y sus procesos de producción presentan turbidez como característica propia).

3.2 La levadura empleada en la elaboración de la cerveza debe provenir de un cultivo puro de levadura cervecera, libre de contaminación microbiológica.

3.3 Prácticas Permitidas

3.3.1 El agua debe ser potable, debiendo ser tratada adecuadamente para obtener las características necesarias para favorecer los procesos cerveceros.

3.3.2 Se puede utilizar enzimas amilasas, glucanasas, celulasas y proteasas.

3.3.3 Se puede utilizar colorantes naturales provenientes de la caramelización de azúcares o de cebadas malteadas oscuras y sus concentrados o extractos.

3.3.4 Se puede utilizar agentes antioxidantes y estabilizantes de uso permitido en alimentos.

3.3.5 Se puede utilizar ingredientes naturales que proporcionen sabores o aromas.

3.3.6 Se pueden utilizar materiales filtrantes y clarificantes tales como la celulosa, tierras de infusorios o diatomeas, PVPP (poli vinil poli pirrolidona).

3.3.7 Se permite la carbonatación por refermentación en botella o barril, o por inyección de CO₂.

3.4 Prácticas no permitidas.

3.4.1 No está permitida la adición o uso de:

3.4.1.1 Alcoholes.

3.4.1.2 Agentes edulcorantes artificiales.

3.4.1.3 Sustitutos del lúpulo u otros principios amargos.

3.4.1.4 Saponinas.

3.4.1.5 Colorantes artificiales.

3.4.1.6 Cualquier ingrediente que sea nocivo para la salud.

3.4.1.7 Medios filtrantes constituidos por asbesto.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 La clasificación de las cervezas será la siguiente:

4.1.1 Por su grado alcohólico:

4.1.1.1 Cerveza sin alcohol: grado alcohólico \leq 1,0%v/v

4.1.1.2 Cerveza de bajo contenido alcohólico: 1,0 % v/v < grado alcohólico \leq 3,0 % v/v

4.1.2 Por su extracto original:

4.1.2.1 Cerveza normal: aquella que presenta un extracto original entre 9,0% en masa y menor de 12,0 % en masa

4.1.2.2 Cerveza liviana: aquella que presenta un extracto seco original entre 5% en masa y menor de 9,0 % en masa.

4.1.2.3 Cerveza extra: aquella que presenta un extracto seco original entre el 12,0 % en masa y menor al 14 % en masa.

El extracto original se calcula usando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{(2,0665 \cdot A) + E_R}{100 + (1,0665 \cdot A)} \cdot 100$$

En donde:

P = extracto original en % Plato.

A = contenido de alcohol en la cerveza en % m/m.

E_R = extracto real de la cerveza en % Plato.

4.1.3 Por su color:

4.1.3.1 Cervezas claras (rubias o rojas): color < 20 unidades EBC.

4.1.3.2 Cervezas oscuras (negras): color \geq 20 unidades EBC.

4.1.4 Por su tipo de fermentación:

4.1.4.1 Cervezas Lager, para la fermentación "baja".

4.1.4.2 Cervezas Ale, para la fermentación "alta".

4.1.4.3 Cervezas de fermentación mixta.

4.1.5 Por la proporción de materias primas:

4.1.5.1 Cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo extracto original contiene como mínimo un 50% en masa de cebada malteada.

4.1.5.2 Cerveza 100% de malta o de pura malta: cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo extracto original proviene exclusivamente de cebada malteada.

4.1.5.3 Cerveza de ...(seguida del nombre del o de los cereales mayoritarios): es la cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo extracto proviene mayoritariamente de adjuntos cerveceros. Podrá tener hasta un 80% en masa de la totalidad de los adjuntos cerveceros referido a su extracto (no menos del 20% en masa de malta). Cuando dos o más cereales aporten igual cantidad de extracto deben citarse todos ellos.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 La cerveza debe cumplir con los requisitos establecidos en las tablas 1 y 2.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos

REQUISITOS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	METODO DE ENSAYO
Contenido alcohólico a 20° C	% (v/v)	1,0	10,0	NTE INEN 2322
Acidez total, expresado como ácido láctico	% (m/m)	-	0,3	NTE INEN 2323
Carbonatación	Volúmenes de CO ₂	2,2	3,5	NTE INEN 2324
pH	-	3,5	4,8	NTE INEN 2325
Contenido de hierro	mg/dm ³	-	0,2	NTE INEN 2326
Contenido de cobre	mg/dm ³	-	1,0	NTE INEN 2327
Contenido de zinc	mg/dm ³	-	1,0	NTE INEN 2328
Contenido de arsénico	mg/dm ³	-	0,1	NTE INEN 2329
Contenido de plomo	mg/dm ³	-	0,1	NTE INEN 2330

TABLA 2. Requisitos microbiológicos

REQUISITOS	UNIDAD	Cerveza pasteurizada		METODO DE ENSAYO
		MÍNIMO	MÁXIMO	
Microorganismos Anaerobios	ufc/cm ³	-	10	NTE INEN 1 529-17
Mohos y levaduras	up/cm ³	-	10	NTE INEN 1 529-10

NTE INEN 2862

2013-11

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo. El muestreo se debe realizar de acuerdo a la NTE INEN 339 vigente "Bebidas alcohólicas. Muestreo".

7. ENVASADO

7.1 La cerveza debe envasarse en recipientes de material resistente a la acción del producto que no alteren las características del mismo.

8. ROTULADO

8.1 El rotulado debe cumplir con lo dispuesto en la NTE INEN 1933 vigente "Bebidas alcohólicas. Rotulado. Requisitos".

NTE INEN 2882

2013-11

APENDICE Z

Z.1. DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 339	<i>Bebidas alcohólicas. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10	<i>Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables Recuento en placa por siembra en profundidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-17	<i>Control microbiológico de los alimentos. Bacterias anaerobias mesófilas Recuento en tubo por siembra en masa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1933	<i>Bebidas alcohólicas. Rotulado. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2322	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de alcohol.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2323	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de acidez total.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2324	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de dióxido de carbono CO₂ y aire.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2325	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de pH.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2326	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de hierro.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2327	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de cobre.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2328	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de zinc.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2329	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación arsénico.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2330	<i>Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación plomo.</i>

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2262 Primera revisión	TÍTULO: BEBIDAS ALCOHOLICAS. CERVEZA. REQUISITOS	Código: ICS 97.160.10
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2010-02-23	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 2002-02-08 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 03 059 de 2003-02-20 publicado en el Registro Oficial No. 33 del 2003-03-05 Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: a		
Subcomité Técnico de: Bebidas alcohólicas		
Fecha de iniciación: 2010-06-24		Fecha de aprobación: 2011-10-10
Integrantes del Subcomité:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
Rodrigo Obando (Presidente)	LICORAM	
Felipe Salvador	ALCOPESA S.A.	
Alberto Salvador	ALCOPESA S.A.	
Diana Cabrera	AZENDE (ZUMIR)	
Manuel Auquilla Terán	AZENDE (ZUMIR)	
Carmen Gallardo Gallardo	BUSTAMANTE Y BUSTAMANTE	
José Miquel Sanchez	CERVECERIA NACIONAL	
Maria Cristina Moreno	EMBOTELLADORA AZUAYA	
Imeldo Valdéz	ILEPSA S.A.	
Elena Martinot	ILEPSA S.A.	
Patricia Maiquashca	ILSA S.A.	
Jorge Villa	ILVISA	
Mónica Sosa	INH IZQUIETA PEREZ	
Ana María Hidalgo	LABORATORIO OSP-UCE	
Sandra Astudillo Calle	LICORES SAN MIGUEL	
Inés Malo	LICORES SAN MIGUEL	
Lorena Tapia	MIPRO	
Talia Palacios	MIPRO	
Ulrich Stahl	UPIANA Cia. Ltda.	
Carlos Moran	LICORERA MORAN	
Javier Carvajal	PUCE	
Gonzalo Arteaga (Secretario Técnico)	INEN	
Otros trámites: Esta NTE INEN 2262:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 2262:2003		
* ¹⁰ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA , pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA , según Resolución Ministerial y oficializada mediante Resolución No. 14158 de 2014-04-21, publicado en el Registro Oficial No. 239 del 2014-05-06.		
La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma		
Oficializada como: Obligatoria		Por Resolución No. 13402 de 2013-10-31
Registro Oficial No. 127 de 2013-11-20		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2) 2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección Ejecutiva: E-Mail: direccion@inen.gob.ec
Dirección de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gob.ec
[URL: www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec)

Anexo 15. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, NTON 03038-6 de bebidas fermentadas: cerveza

ICS 67.160.10/67.160.20

NTON 03 038 – 06 Primera Revisión

Mayo – 06 1/8

	BEBIDAS FERMENTADAS. CERVEZA. ESPECIFICACIONES	NTON 03 038 – 06 Primera Revisión
<p>NORMA TECNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE</p>		
Derecho de reproducción reservado		

Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
 Telefax: 2774671, Norma Técnica Nicaragüense (NTN)

Continúa

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 03 038 – 06 Primera Revisión Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Bebidas Fermentadas. Cerveza. Especificaciones y en su elaboración participaron las siguientes personas en representación de sus instituciones:

Rüdiger Adelman	Compañía Cervecera de Nicaragua
Nidia Menicucci	Compañía Cervecera de Nicaragua
William Ramirez	Compañía Cervecera de Nicaragua
Ileana Prado	Compañía Cervecera de Nicaragua
Manuel Novoa	Compañía Cervecera de Nicaragua
Geraldo Melo de Queirós	Cervecería Río
Wilson José Fornacier	Cervecería Río
Fernando Argueta	Cervecería Río
Samantha Aguilar Beteta	Taboada y Asociados (Cervecería Río)
José Ángel Reyes	ENSA
Enrique Brenes	Suplidora Internacional
Manuel Bermúdez	Cámara de Comercio de Nicaragua
Andrés Gómez Palacios	Policía Nacional - DIE
Francisco Pérez	LABAL
Fátima Juárez	CNDR-MINSA
Clara Ivania Soto	Ministerio de Salud (MINSA)
Javier Cruz	Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC)
Noemí Solano	Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC)

Esta norma fue revisada y aprobada por el Comité Técnico de Bebidas Fermentadas en la sesión de trabajo el día 25 de mayo de 2006.

Continúa

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer las especificaciones, requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir la cerveza que haya sido o no sometida a pasteurización y/o microfiltración durante el proceso de elaboración.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica a todas las cervezas que se elaboran y comercializan en el territorio nacional, sean estas de producción nacional o importadas.

3. DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

3.1 Cerveza. Bebida resultante de un proceso de fermentación alcohólica controlado, por medio de levadura cervecera, de un mosto elaborado con agua potable, malta y/o sus extractos sola o mezclada con azúcar y/o otros productos amiláceos, adicionado de lúpulo y/o sus extractos y concentrados. La adición de otros granos y azúcar es facultativa

3.2 Malta. Cebada que ha sido sometida a un proceso de germinación controlada y posterior tostación, en condiciones adecuadas para ser utilizada en la elaboración de cerveza.

3.3 Mosto de cerveza. Es la solución en agua potable de carbohidratos, proteínas, sales minerales y demás compuestos resultantes de la degradación enzimática de la malta, con o sin adjuntos cerveceros realizada mediante procesos tecnológicos adecuados

3.4 Aditivos alimentarios. Son aquellas sustancias que entran en la formulación de una bebida alcohólica fermentada con el objeto de preservar, estabilizar o mejorar su color, olor y apariencia, siempre que no perjudiquen su valor nutritivo, normalmente no se consumen como bebidas, ni se usan como ingredientes característicos de la bebida, tengan o no valor nutritivo y cuya adición intencional, en cualquiera de las fases de producción, resulta o es de prever que resulte (directa o indirectamente), en que él o sus derivados pasen a ser un componente de tales bebidas o afecten a las características de éstas

3.5 Bebida alcohólica fermentada. Es la bebida alcohólica obtenida por la fermentación de jugos azucarados de frutas o por la fermentación de azúcares obtenidos de almidón de cereales, por cualquier proceso de conversión.

3.6 Buenas prácticas de manufactura. Condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos para todos, los procesos de producción y control de alimentos, bebidas y productos afines, con el objeto de garantizar la calidad e inocuidad de dichos productos según normas aceptadas internacionalmente.

3.7 Etiqueta. Cualquier marbete, rótulo, marca, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, que se haya escrito, impreso, estarcido, marcado en relieve o en hueco-grabado o adherido al envase o tapón de una bebida alcohólica fermentada, que cumpla con las disposiciones de la presente Norma.

Continúa

- 3.8 Etiquetado. Cualquier material escrito, impreso o gráfico que contiene la etiqueta.
- 3.9 Ingrediente. Cualquier sustancia incluidos los aditivos alimentarios que se emplee en la fabricación, preparación y conservación de las bebidas y esté presente en el producto final, aunque posiblemente en forma modificada.
- 3.10 Lote. Es una cantidad determinada de una bebida producida en condiciones esencialmente iguales que se identifica mediante un código al momento de ser envasado.
- 3.11 Métodos de prueba. Procedimientos analíticos utilizados en el laboratorio para comprobar que un producto satisface las especificaciones que establece la norma.
- 3.12 Grado alcohólico. Porcentaje en volumen de alcohol etílico contenido en una bebida alcohólica, referido a 20 °C.
- 3.13 Cerveza saborizada. Es la cerveza a la que se le ha adicionado aromas/jugos/extracto de origen vegetal aprobados por la autoridad competente definida en esta norma.
- 3.14 Adjuntos. Toda fuente donadora de almidón o azúcares fermentables.
- 3.15 Lúpulos. Flor o extractos naturales o procesados de la flor *Humulus Lupulus*.
- 3.16 Extracto original de cerveza. Es la concentración de la cerveza expresada en % en masa y calculada a partir de la concentración de alcohol y del extracto real o verdadero de la misma.

4. CLASIFICACION DE LA CERVEZA

Las cervezas se denominan de acuerdo a las siguientes características:

- 4.1 Según la "Especie de levadura"
- 4.1.1 Cervezas de baja fermentación, es elaborada usando levaduras cultivadas de la especie *sacchoromyces uvarum*, las cuales tienden a sedimentar al concluir el proceso de fermentación.
- 4.1.2 Cerveza de alta fermentación, es elaborada usando levaduras cultivadas de la especie *sacchoromyce cerevisiae*, las cuales tienden a flotar sobre la superficie del producto al concluir el proceso de fermentación.
- 4.2 Según el "Grado Alcohólico"
- 4.2.1 Cervezas sin alcohol, es la que tiene un contenido alcohólico inferior o igual a 0,5% en volumen
- 4.2.2 Cervezas con alcohol, es la que tiene un contenido alcohólico superior a 0.5% en volumen

Continúa

4.3 Según el "Contenido Calórico"

4.3.1 Podrá denominarse cerveza light o ligera la cerveza suave que contenga un valor energético máximo de 150 kJ/ 100 ml.

4.4 Según la "proporción de materias primas"

4.4.1. Cerveza de [...] (seguido del nombre del o de los cereales mayoritarios) Cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo extracto original proviene mayoritariamente de adjuntos cerveceros. Podrá tener hasta un máximo de 80% en peso de la totalidad de las materias primas adicionadas. Cuando dos o más cereales contribuyan en igual cantidad se deben declarar todos en la etiqueta.

4.4.2 Cerveza, es aquella que es elaborada a partir de un mosto cuyo extracto original proviene de malta de cebada. Deberá tener hasta un mínima de 50% en peso de la totalidad de las materias primas adicionadas provenientes de malta.

5. MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES

5.1 Agua potable. Agua tratada exenta de contaminantes y apta para consumo humano

5.2 Cereales: Los cereales utilizados para la fabricación de cerveza deben estar libres de sustancias que puedan dañar la salud de los consumidores.

5.3 Lúpulo: El lúpulo utilizado en la fabricación de cervezas no debe contener sustancias extrañas o perjudiciales para la salud de los consumidores.

5.4 Azúcar. La industria nacional que utilice azúcar en la elaboración de la cerveza, debe cumplir con la legislación nacional vigente. El azúcar utilizada en la elaboración de cervezas importadas, únicamente debe ser declarada como ingrediente en la etiqueta.

5.5 Levadura. La levadura para la fabricación de cerveza deberá de provenir de un cultivo puro.

5.6 Aditivos. Los aditivos utilizados en la elaboración de cerveza están sujetos a las clasificaciones establecidas en el Codex Alimentarius.

6. ESPECIFICACIONES Y CARACTERISTICAS

6.1 Características generales.

6.1.1 No se permite el uso de materiales filtrantes como asbesto u otros materiales prohibidos en la industria de alimentos y bebidas.

6.1.2 La cerveza deberá estar libre de cualquier ingrediente dañino a la salud.

6.1.3 La cerveza puede contener solamente los aditivos, colorantes y preservantes establecidos por el Codex Alimentarius.

Continúa

6.1.4 Las industrias que elaboren y distribuyan cervezas deberán cumplir con la NTON 03 069 – 06/RTCA 67.01.33:06, Industria de Alimentos y Bebidas Procesados. Buenas Prácticas de Manufactura. Principios Generales.

6.1.5 La cerveza deberá estar libre de insectos o restos de ellos y de cualquier otro tipo de fragmento tales como plástico, metales u otras impurezas externas.

6.1.6 El alcohol etílico de la cerveza deberá provenir de la fermentación del mosto con la levadura de cerveza. No se permite la adición de alcohol a la misma.

6.2 Características sensoriales. La cerveza deberá cumplir con las características propias del producto.

6.3 Características físico-químicas: La cerveza deberá cumplir con los requisitos físico-químicos establecidos en la Tabla 1.

6.4 Metales pesados. La cerveza deberá cumplir con los requisitos físico-químicos establecidos en la Tabla No. 2

6.5 Características microbiológicas: La cerveza deberá cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la Tabla 3.

Tabla 1. Requisitos físico-químicos de la cerveza

Requisitos	Unidades	Especificaciones
Grado Alcohólico	% Vol	0 – 12,0
Extracto original	% m/m	Min. 4,0
Unidades de Amargo	EBU*	2,0 – 100
PH		3,0 – 4,8
CO ₂	(% v/v)	2,0 – 4,0

* EBU equivale a B.U. (European Bitter Unites)

Tabla 2. Límites de metales pesados en la cerveza

Metales pesados	Unidades	Límites máximos
Plomo, expresado como Pb	(mg/l)	0.1
Hierro, expresado como Fe	(mg/l)	0.2
Cobre, expresado como Cu	(mg/l)	1.0
Cinc, expresado como Zn	(mg/l)	1.0
Arsénico, expresado como As	(mg/l)	0.1

6.6 La autoridad competente podrá realizar los análisis de metales pesados establecidos en la tabla 2, cuando lo estime conveniente.

Continúa

Tabla 3. Requisitos microbiológicos de la cerveza

Microorganismo	Límites máximos
Recuento total de microorganismos mesófilos, UFC/ml	100
Recuento total de mohos, UFC/ml	20
Coliformes y microorganismos patógenos	Ausente

7. MUESTREO Y CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO

7.1 Muestreo: Para el cumplimiento de los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos, todas las plantas que elaboren y/o comercialicen cervezas deben de tener un programa de monitoreo y muestreo. Este programa debe ser capaz de monitorear el producto en las diferentes etapas del proceso de manufactura y comercialización para asegurar el cumplimiento de los parámetros en la cerveza. Las muestras deben ser representativas y tomadas aleatoriamente cerca del punto en uso.

7.2 Criterio de aceptación o rechazo: Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en la presente norma, se rechazará el lote de la muestra ensayada. En caso de discrepancia, se volverá a hacer un muestreo repitiéndose el ensayo en un laboratorio debidamente acreditado. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso, será motivo para rechazar el lote de la muestra ensayada.

7.3 El muestreo y aceptación por parte de las autoridades sanitarias será llevados a cabo de acuerdo al documento “planes de muestreo para alimentos preenvasados CAC/RA 42-1969 del CODEX ALIMENTARIUS”.

8. METODOS DE ENSAYOS Y ANALISIS

8.1 Ensayos fisico-químicos y metales pesados. Estos análisis se efectuaran mediante lo indicado en los métodos ASBC, EBC, AOAC o MEBAK.

8.2 Ensayos Microbiológicos. Estos análisis se efectuaran mediante lo indicado en los métodos microbiológicos, ASBC, EBC o MEBAK.

9. ETIQUETADO

El etiquetado de la cerveza se hará de acuerdo a lo dispuesto en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de Bebidas Alcohólicas. Etiquetado de Bebidas Fermentadas.

Continúa

10. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

10.1 Almacenamiento y transporte. El almacenamiento y transporte de la cerveza debe realizarse de acuerdo a lo establecido en la NTON 03 069 – 06/RTCA 67.01.33:06, Industria de Alimentos y Bebidas Procesados. Buenas Prácticas de Manufactura. Principios Generales.

11. REFERENCIAS

- a) Ley General de Salud
- b) Código de Prácticas de Higiene para la elaboración expendio de alimentos en la vía pública
- c) la NTON 03 069 – 06/RTCA 67.01.33:06, Industria de Alimentos y Bebidas Procesados. Buenas Prácticas de Manufactura. Principios Generales.
- d) NTON 03 021 -99 Norma de etiquetado de alimentos preenvasados para consumo humano
- e) Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, NTON 01 001-96, Metodología para la presentación de Normas Técnicas Nicaragüenses
- f) Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR NGO, 33 006; Bebidas Alcohólicas, Fermentadas. Cerveza. Especificaciones.
- g) Resolución MERCOSUR/GMC/RES. N 14/01; Reglamento Técnico MERCOSUR de Productos de Cervecería
- h) American Society of Brewing Chemists (ASBC)
- i) European Brewery Convention (EBC)
- j) Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission eV (MEBAK) (Comisión de análisis técnicos cerveceros de Europa Central)
- k) Association of Official Analytical Chemists AOAC 15th Edition, 1990

12. OBSERVANCIA DE LA NORMA

La verificación de esta Norma estará a cargo del Ministerio Salud a través de la Dirección Control de Alimento y el Ministerio de Fomento, Industria y Comercio a través de la Dirección de Defensa del Consumidor.

13. ENTRADA EN VIGENCIA

La presente Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense entrará en vigencia a partir de su publicación en la Gaceta Diario Oficial.

14. SANCIONES

El incumplimiento a las disposiciones establecidas en la presente norma, debe ser sancionado conforme la legislación vigente.

ULTIMA LINEA

Anexo 16. Guía BJCP (Beer Judge Certification Program): Cerveza tipo Scottish Export

Escocesa de Exportación (Scottish de Exportación)

Impresión General: Una cerveza centrada en la malta, generalmente acaramelada con quizás algunos ésteres y ocasionalmente un retrogusto a butterscotch. Lúpulos sólo para balancear y apoyar la malta. El carácter a malta puede variar de seco y a grano, a rico, tostado y acaramelado, pero nunca quemado y sobre todo nunca tiene carácter a humo de turba.

Aroma: Baja a mediana maltosidad, a menudo con sabores a migas de pan tostadas, bizcochos de vainilla y galletas inglesas. Caramelo de bajo a medio y un bajo butterscotch admitido. Suave carácter a frutas de carozo en los mejores ejemplos. Puede tener bajo aroma a lúpulo tradicional inglés (terroso, floral, cítrico a naranja, especiado, etc.). El humo de turba es inapropiado.

Apariencia: Color cobre pálido a marrón muy oscuro. Clara. Espuma blanquecina, cremosa, de baja a moderada.

Sabor: Enteramente centrado en la malta, con sabores que van desde maltas pale, a pan, con matices a caramelo y a malta ricamente tostada (pero nunca quemada) o una combinación de éstos. Ésteres frutales no son requeridos pero añaden profundidad cuando todavía no son altos. Amargor de lúpulo para balancear la malta. Sabor a lúpulo de bajo a ninguno está permitido y debería ser de carácter tradicional inglés (terroso, floral, cítrico a naranja, especiado, etc.). El final varía desde rico y maltoso a seco y a grano. Un sutil carácter a butterscotch es aceptable, sin embargo el azúcar quemada no lo es. El

balance malta-lúpulo se inclina hacia la malta. El humo de turba es inapropiado.

Sensación en Boca: Cuerpo medio-bajo a medio. Carbonatación baja a moderada. Puede ser relativamente rica y cremosa, a seca y granosa.

Comentarios: Ales centradas en la malta que obtienen la mayoría de su carácter de maltas especiales, nunca del proceso. Maltas quemadas o azúcares de mosto vía “caramelización de olla de hervor” no son tradicionales ni tampoco tienen abiertamente un carácter “butterscotch”. Es principalmente un producto de barril. El carácter a humo es inapropiado, como cualquier otro que tradicionalmente viniera de la turba en la fuente de agua. Ales Escocesas con carácter ahumado deberían registrarse como Cerveza Ahumada de Estilo Clásico.

Ingredientes **Característicos:** Originalmente utilizaba maltas pale escocesas, sémola o maíz en hojuelas y caramelo de cervecería para el color. Más tarde adaptó el uso de ingredientes adicionales tales como maltas ámbar o marrones, maltas cristal y de trigo, granos tostados o azúcares oscuras para color, pero no para sabor ‘tostado’. Adjuntos de azúcar son tradicionales. Levadura limpia o levemente frutal. Malta ahumada de turba no es auténtica y es inapropiada.

Comparación de Estilos: Carácter similar a una Wee Heavy, pero mucho más ligera.

Estadísticas Vitales:

OG: 1.040 - 1.060 → Densidad inicial

IBUs: 15 - 30 → Amargor

FG: 1.010 - 1.016 → Densidad Final

SRM: 13 – 22 → Color en escala SRM

ABV: 3.9 - 6.0% → % de alcohol